



“Mission B” für mehr Biodiversität

Planung einer dreiteiligen Dachbegrünung auf den Dächern des SRF in Zürich
Leutschenbach

Bachelorarbeit

MARINA GROSSI

Bachelorstudiengang Umweltingenieurwesen

2. Juli 2020

Fachkorrektorinnen:

Nathalie Baumann

Dr. Chiara Catalano

ZHAW IUNR, Grüentalstrasse 14, 8820 Wädenswil

Impressum

Keywords

Biodiversitätsförderung, Chinaschilf, extensive Dachbegrünung, Feldstein, heimische Pflanzung, Mission B, ökologische Experimente, Pflanzenkohle, Schafwolle, standortangepasste Pflanzung, Staudenunterbepflanzung, Strukturelemente, urbane Biodiversität, Versuchsdesign, Versuchslabor

Zitiervorschlag

Grossi, M. (2020). *“Mission B” für mehr Biodiversität. Planung einer dreiteiligen Dachbegrünung auf den Dächern des SRF in Zürich Leutschenbach. Unveröffentlicht.*

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften,
Life Sciences und Facility Management,
Grüntal,
8820 Wädenswil

Titelbild

© Grossi, M. 2019. *Trifolium arvense* auf den Dächern des SRF Zürich Leutschenbach. Aufgenommen am 16. Juli 2019. Gesetzt in L^AT_EX 2_ε

Abstract

In this work, an extensive green roof laboratory on a studio roof of the Schweizer Radio und Fernsehen (SRF) in Zurich Leutschenbach is planned, which will be implemented at a later date. The main aspect of this work deals with the construction of a test area to test different materials in combination with each other in an extensive green roof. The roof area is 800 m^2 and has an average load of $1,5\text{ kN/m}^2$. At the same time, SRF is trying to obtain the certificate of the label nature & economy which requires a native and location-adapted planting. The client and sponsor of this work is Mission B. Thereby, this work should not only promote biodiversity through native plants, but also through structures. The budget spoken for this planning execution is 16'000 CHF, which amounts to 20 CHF per square meter. The roof area is divided into three areas to compensate for different shadow conditions. In the largest area, the test setup is planned with differently constructed, but always equally sized, test plots. Another sub-area is designed close to nature and provided with structural elements. The third area is originally planned as facade greening, but was discarded in the course of the work. As an alternative, a hedge with perennial undergrowth is planned in pallet frames originally intended for the facade greening. All given restrictions and requirements are met in the planning of this work.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird ein extensives Gründachlabor auf einem Studiodach des SRF Leutschenbach in Zürich geplant, das zu einem späteren Zeitpunkt umgesetzt werden soll. Der Hauptaspekt dieser Arbeit beschäftigt sich mit dem Aufbau einer Versuchsfläche, um verschiedene Materialien in Kombination miteinander in einer extensiven Dachbegrünung zu testen. Die Dachfläche beträgt 800 m^2 und weist eine durchschnittliche Dachlast von $1,5\text{ kN/m}^2$ auf. Gleichzeitig möchte das SRF das Zertifikat des Labels Natur & Wirtschaft erlangen, welches eine heimische und standortangepasste Pflanzung voraussetzt. Die Auftraggeberin und Sponsorin dieser Arbeit ist Mission B. Dadurch sollte die Biodiversität nicht nur durch heimische Pflanzen, sondern auch durch Strukturen gefördert werden. Das für diese Planungsausführung gesprochene Budget beträgt 16'000 CHF, dies ergibt einen Betrag von 20 CHF pro Quadratmeter. Die Dachfläche wird aufgrund von unterschiedlichen Schattenbedingungen in drei Teilflächen unterteilt. In der grössten Fläche wird der Versuchsaufbau mit verschieden aufgebauten, jedoch immer gleich grossen, Versuchspartzellen geplant. Eine weitere Teilfläche wird naturnah und mit Strukturelementen versehen gestaltet. Die dritte Fläche wird ursprünglich als Fassadenbegrünung geplant, welche im Verlauf der Arbeit verworfen wird. Als Alternative wird eine Hecke mit Staudenunterbewuchs in den ursprünglich für die Fassadenbegrünung vorgesehenen Palettenfaltrahmen geplant. Alle gegebenen Einschränkungen und Anforderungen werden in der Planung erfüllt.

Vorwort

Diese Bachelorarbeit entwickelte sich aus einer Projektarbeit für das Modul Biodiversität im Siedlungsraum im Frühjahr 2019, in der in einer Gruppenarbeit ein Grobkonzept für Dachbegrünungen beim SRF am Standort Leutschenbach entwickelt wurde. Bereits zum Zeitpunkt dieser Projektarbeit war für mich klar, dass ich meine Bachelorarbeit gerne in dieser Fachrichtung schreiben möchte. Deshalb war ich umso erfreuter, als Nathalie mir mitteilte, dass Kapazität für eine Bachelorarbeit zu diesem Thema verfügbar wäre.

Zu Beginn war eine weitere Dachfläche Teil dieser Arbeit, auf der im Juli 2019 bereits eine Vegetationsaufnahme durchgeführt wurde. Die Pflanzenliste dieser Aufnahme ist dem Anhang unter Tabelle A.1 zu entnehmen. Diese Dachfläche wurde aber im Laufe von Verhandlungen der Projektpartner exkludiert.

Ursprünglich war die Ausführung der Dachbegrünung auch ein Teil dieser Arbeit, ob der speziellen Situation infolge von Covid-19 im Frühjahr 2020 musste diese jedoch aus der Arbeit losgelöst werden, da die ZHAW klare Regeln erliess, die es einzuhalten galt und die bei einer Ausführung in dem Zeitraum nicht erfüllbar gewesen wären.

Die Planung in dieser Arbeit dauerte angesichts von Kommunikationsschwierigkeiten, unterschiedlichen Vorstellungen und Interessen der beteiligten Projektpartner länger, als ursprünglich vorgesehen, konnte aber aufgrund von Kompromissen und Lösungsbereitschaft auf allen Seiten doch zu einem erfreulichen und alle Vorgaben erfüllendem Resultat geführt werden.

Aufgrund einer frühzeitigen Verlängerung der Bearbeitungsfrist, die schlussendlich von August 2019 bis Juli 2020 dauerte, konnten die meisten externen Verzögerungen ausgeglichen werden. Der Lerneffekt für mich war sehr gross und die Freude daran, ein Thema zu bearbeiten, welches später tatsächlich umgesetzt würde, zog sich durch die ganze Bearbeitungsphase.

Danksagung An dieser Stelle möchte ich gerne verschiedenen Personen und Firmen meinen Dank aussprechen. Ohne sie hätte diese Arbeit nicht in der Form zustande kommen können.

Als Erstes möchte ich mich bei Nathalie und Chiara bedanken, die mich bei allen Fragen und Problemen unterstützt haben, mir wertvolle Literatur- und Praxistipps sowie hilfreiches Feedback und Anregungen gegeben haben. Danke dafür. Als nächstes möchte ich meinem Partner Moritz einen herzlichen Dank aussprechen, ohne seine emotionale Unterstützung, Hilfe bei Berechnungen, Problembehebung und Darstellung mit \LaTeX wäre vieles anders gekommen. Bei Hartmut möchte ich mich ebenfalls bedanken, mit seiner Eloquenz und seinem scharfen Blick für Fehler und Unklarheiten hat er mir sehr geholfen. Mein Dank geht auch an Katja, Ivo und Severin, sie haben mir netterweise erlaubt, ihre Bilder zu verwenden. Bei Sabrina möchte ich mich bedanken, dass sie sich Zeit nimmt, um die Ausführungsarbeiten photographisch zu begleiten. Ein grosses Dankeschön geht an die freiwilligen und tatkräftigen HelferInnen, Lukas, Michael, Mihaela, Monika, Moritz, Nathalie, Pascal, Severin und Willi, die bei der Ausführung massgeblich zum Erfolg dieser Planung beitragen werden.

Des Weiteren möchte ich mich bei Mission B und vor allem Isabella Sedivy bedanken, ohne ihren Einsatz und Elan wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Zudem möchte ich dem SRF danken, für die zur Verfügung gestellte Dachfläche und Marco, für die Beantwortung zahlreicher organisatorischer Fragen. Bei Herrn Merk von HTB Ingenieure AG möchte ich mich für die Informationen bezüglich der Dachfläche und Dachlasten sowie die Prüfung und Genehmigung der Pläne bedanken. Bei den Firmen Contec, FIWO, Freudiger, Grün Stadt Zürich, Jakob Rope Systems, Wildstaudengärtnerei Patricia Willi und Verora möchte ich mich für die Zusammenarbeit und das Entgegenkommen bedanken, insbesondere jedoch bei Ricoter für das Sponsoring des Substrates.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Richtlinien zu Dachbegrünungen	1
1.2. Ziele dieser Arbeit	2
2. Material	4
2.1. Materialien	4
2.2. Versuchsaufbau ökologischer Experimente	4
2.3. Hilfsmittel	5
2.4. Materialbeschreibung und -eigenschaften	5
2.5. Bezugsquellen	7
2.6. Kostendarstellung	8
3. Methoden	9
3.1. Umgebungsanalyse	9
3.2. Standortanalyse	10
3.2.1. Ausgangslage Dachfläche	11
3.2.2. Ausgangslage Fassade	11
4. Ergebnisse und Diskussion	19
4.1. Flächenaufteilung	19
4.1.1. Versuchsfläche	19
4.1.2. Naturnahe Fläche	19
4.1.3. Fassade	22
4.2. Aufbau Versuchsfläche	22
4.2.1. Begrünungsmethoden	22
4.2.2. Planungsänderungen	25
4.2.3. Flächengrösse und Anordnung der einzelnen Versuchsflächen	25
4.2.4. Pflanzenzusammenstellung	25
4.2.5. Pflanzenauswahl	30
4.2.6. Pflanzplan	30
4.2.7. Diskussion	30
4.3. Aufbau naturnahe Fläche	34
4.3.1. Aufbau und Gestaltung	34
4.3.2. Begrünungsmethode	34
4.3.3. Pflanzenauswahl	35
4.3.4. Strukturen	35
4.3.5. Diskussion	39

Inhaltsverzeichnis

4.4.	Aufbau Fassadenbegrünung	41
4.4.1.	Klettergerüst	41
4.4.2.	Pflanzgefäße	41
4.4.3.	Pflanzenauswahl	41
4.5.	Alternative für die Fassadenbegrünung	43
4.5.1.	Aufbau Alternative	43
4.5.2.	Verortung Pflanzgefäße	43
4.5.3.	Pflanzenauswahl	44
4.5.4.	Pflanzplan und -liste	44
4.5.5.	Diskussion	46
5.	Fazit und Ausblick	51
	Literatur	56
	Anhang	60

1.

Einleitung

Die weltweite floristische und faunistische Biodiversität ist stark gefährdet und benötigt dringend fördernde Massnahmen. Auch in der Schweiz besteht Handlungsbedarf. Mehr als ein Drittel aller existierenden Arten und die Hälfte aller Lebensraumtypen sind bedroht [1]. Diese dramatische Entwicklung erfordert konkrete Massnahmen. Im Jahr 2017 entwickelte das Bundesamt für Umwelt (BAFU) den Aktionsplan Biodiversität Schweiz mit einem Massnahmenkatalog [2]. Mit der Aktion Mission B ruft das Schweizer Radio und Fernsehen (SRF) nun dazu auf, neue biodiverse Lebensräume zu schaffen und zeigt in zahlreichen Berichten auf, wie das gelingen kann. Bereits nach den ersten Wochen seit Start der Aktion wurden über 100'000 Quadratmeter neue biodiverse Flächen gemeldet [3]. Mittlerweile (Stand 9. Juni 2020) sind es mehr als 1'365'500 Quadratmeter [4]. Schweizweit haben noch viele weitere Flächen das Potential, ebenfalls zu wertvollen Lebensräumen für Pilze, Pflanzen, Tiere und Menschen zu werden. Insbesondere sollte in der heutigen Zeit der baulichen Verdichtung ein besonderes Augenmerk auf Gebäudebegrünungen gelegt werden.

In Gebieten mit hoher baulicher Verdichtung können Gebäudebegrünungen ungestörte Flächen nach natürlichem Vorbild als Lebensraum oder Teillebensraum für Flora und Fauna schaffen und bringen noch viele weitere Vorteile mit sich. So unterstützen sie die Wasserrückhaltung und entlasten die Kanalisation [5]. Das Wasser wird durch die Pflanzenatmung direkt an den Wasserkreislauf zurückgegeben [6]. Schon früh wurde bekannt, dass Gebäudebegrünungen einen Einfluss auf das Raumklima haben. Im Sommer wird durch die Verdunstung der Pflanzen eine Kühlwirkung erzielt. Im Gegensatz zu nicht begrünten Flächen kann durch eine Dachbegrünung eine Temperaturreduktion von 3-5 °C in der darüber liegenden Luftschicht und in darunterliegenden Räumen erzielt werden [7]. Im Winter dienen Dach- und Fassadenbegrünungen als zusätzliche Isolationsschicht [8]. Eine weitere Funktion ist der Schutz der Baumaterialien vor Witterungseinflüssen. Durch die Reduktion der Hitze- und Kälteeinwirkungen kann die Lebensdauer der Materialien verlängert werden [9]. Auch das SRF möchte am Standort Zürich Leutschenbach mit einer Gebäudebegrünung zur Biodiversität beitragen und sich mit dem Label Natur & Wirtschaft zertifizieren lassen.

1.1. Richtlinien zu Dachbegrünungen

Ein Dachaufbau nach den Richtlinien der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL) [10] sowie nach der Norm 312 des Schweizer Ingenieur- und Architektenverein (SIA) kann nach zwei Arten aufgebaut werden. Einerseits in mehrschichtiger Bauweise, bestehend aus getrennt ausgebildeter Drän-, Filter- und Vegetationstragschicht, oder in einschichtiger Bauweise, aus einer Vegetationstragschicht mit Drän- und Filterfunktionen bestehend. Der zweischichtige Aufbau von Dachbegrünungen wurde schon 1886 untersucht [11].

Die Dränschicht dient der Wasserrückhaltung und -abführung. Die FLL empfiehlt die folgenden Materialien: Schüttstoffe wie Kies, Bims, Blähton, Recycling-Schüttstoffe wie Tonziegel, Indus-

1. Einleitung

trieschlacke oder Schaumglas, Dränmatten und -platten auf Kunststoff, Fadengeflecht, Schaumstoff oder Kautschuk.

Die Filterschicht soll ein Einführen von Bodenbestandteilen der Vegetationstragschicht in die Dränschicht verhindern [12]. Dazu empfiehlt die FLL und die SIA die Verwendung von Geotextilien in Form von Vliesstoffen oder Geweben.

Als Vegetationstragschicht wird die oberste durchwurzelbare Schicht bezeichnet [12]. Dazu von der FLL empfohlene Materialien sind Schüttstoffe wie Ober- und Unterböden oder mineralische Substrate, Substratplatten aus Schaumstoff oder Mineralfaser, oder Vegetationsmatten.

Bei einer Begrünung lässt sich zwischen Intensiv- und Extensivbegrünung unterscheiden. Die Intensivbegrünung bezeichnet in einer einfachen Form gestalterisch flächig angelegte Begrünungen auf einer Vegetationstragschicht von 12 cm bis 30 cm mit niedrig bis mittelhohen Pflanzen, sowie in einer aufwendigen Form Dachgärten, die sogar Bäume aufweisen können, auf einer Vegetationstragschicht von 20 cm bis 50 cm. In einer Extensivbegrünung entwickelt sich die Vegetation aus einer Saat, einer Pflanzung oder spontan auf einer dünnen Vegetationstragschicht von 8 cm bis 12 cm und weist eine an diese extremen Standortbedingungen angepasste hohe Regenerationsfähigkeit auf [12].

Diese oben erwähnten Materialien sind in den meisten Fällen weder natürlichen Ursprungs, noch aus nachwachsenden Rohstoffen gefertigt oder regional hergestellt. Um dieses Materialangebot mit ressourcenschonenden und natürlichen Materialien zu ergänzen, werden in dieser Arbeit Materialien verwendet, die bisher noch nicht auf ihren Gebrauch auf Dächern untersucht wurden.

1.2. Ziele dieser Arbeit

Im Rahmen dieses Anliegens kommt die vorliegende Bachelorarbeit als Projekt in Zusammenarbeit zwischen dem SRF und der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) zustande. Ein Dach mit einer Grösse von 800 m² soll naturnah und mit heimischen Pflanzenarten begrünt werden. Das SRF stellt also den Platz zur Verfügung. Die ZHAW IUNR Gruppe Urbanes Ökosystem Design möchte die Gelegenheit nutzen, um an diesem Standort neue Materialien und Materialkombinationen zu testen und längerfristig auszuwerten. Ein Teil dieses Daches wird als Versuchsfläche oder Dachlabor gestaltet und zukünftig ausgewertet. Ein weiterer Teil der Dachfläche wird naturnahe gestaltet, während auf dem letzten Teil der Dachfläche in Gefässen eine Hecke mit Staudenunterpflanzung erstellt wird. Der Fokus dieser Arbeit richtet sich auf die Planung der Dachbegrünung. Das von Mission B bereitgestellte Budget beträgt 16'000 CHF. Dies bedeutet bei einer Dachfläche von 800 m² ein Betrag von 20 CHF pro Quadratmeter. Das Budget muss unter allen Umständen eingehalten werden.

In dieser Arbeit wird ein zweischichtiger Aufbau, bestehend aus Drän- und Vegetationstragschicht mit natürlichen, in der Schweiz hergestellten Materialien untersucht. Die Begrünung erfolgt in extensiver Form, um möglichst aussagekräftige Resultate bezüglich der zu untersuchenden Materialien zu erhalten.

Dieser Versuchsaufbau soll kurz- und langfristig ausgewertet werden, sodass sich später Aussagen auf die Bewährung und Verwendung der Materialien auf Dachflächen machen lassen.

Die Materialien wurden von der Wissenschaft auf extensiv begrüntem Dächern noch nicht eingehend untersucht, daher gibt es nur wenig Literatur dazu.

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird hergeleitet und aufgezeigt, wie eine Dachbegrünung als Versuch geplant wird und welche anderen Planungen zusätzlich vorgenommen wurden. Die

1. *Einleitung*

Erfahrungen dieser Bachelorarbeit und die Ergebnisse der zukünftigen Auswertung können für weitere Dachbegrünungen an diesem Standort genutzt werden.

2.

Material

2.1. Materialien

Die in dieser Arbeit für den Versuchsaufbau verwendeten Materialien sind für die Dränschicht einerseits ungewaschene Schafwolle und andererseits Häcksel aus Chinaschilf. Dieser Unterbau ist auch für Pflanzenwurzeln erreichbar. Diese zwei Materialien werden nicht in Kombination miteinander verwendet, sondern auf ihre Eigenschaften hin verglichen.

Für die Vegetationstragschicht wird ein neu entwickeltes Substrat von Ricoter verwendet, welches im weiteren Verlauf dieser Arbeit Testsubstrat genannt wird, und das bisher nur in Kombination mit 15 % Landerde und 10 % Gartenkompost als Stadtbaums substrat untersucht wurde (schriftliche Mitteilung M. Hogrebe, Ricoter 2. Juni 2020). Ricoter ist eine Schweizer Firma, die seit 1981 aus recyklierten Nebenprodukten, die in der Land- und Forstwirtschaft, im Gartenbau und in der Lebensmittelindustrie anfallen, hochwertige Erden produziert [13].

Für die Vegetationstragschicht werden zusätzlich die Eigenschaften von Pflanzenkohle untersucht. Dazu wird der Hälfte der Vegetationstragschicht 20 % Pflanzenkohle beigefügt. Die andere Hälfte des Testsubstrates bleibt unverändert.

Die Materialeigenschaften werden unter Abschnitt 2.4 genauer beschrieben. Die Wahl dieser Materialien erfolgte auf Wunsch der Betreuerinnen, da sie bereits Versuche damit ausgeführt hatten, diese aber gerne an einem anderen Standort, auf einer Dachfläche und in grösserem Rahmen ausprobieren wollten.

2.2. Versuchsaufbau ökologischer Experimente

Mit den oben erwähnten vier verschiedenen Materialien liessen sich zahlreiche Substratzusammensetzungen untersuchen und vergleichen. Jedoch ist der Versuchsaufbau auf die Dachfläche beschränkt, deshalb kann zu Beginn nur eine beschränkte Anzahl an Möglichkeiten untersucht werden. Vielleicht ist es in Zukunft möglich, diesen Versuch auf anderen Dächern am selben Standort oder auf Dachflächen an anderen Standorten zu wiederholen, zu ergänzen und in dieser Arbeit nicht berücksichtigte Substratzusammensetzungen zu untersuchen.

Der Sinn eines Versuchsaufbaus ist es, so viel Information wie möglich über ökologische Muster oder Prozesse zu erlangen, wie es die begrenzten Ressourcen Zeit, Platz oder Geld zulassen. Der wichtigste Aspekt ist daher das Design des Versuchs. Dafür müssen eine Reihe von Entscheidungen getroffen werden, die in Wechselbeziehung zueinander stehen können. Jede dieser Entscheidungen beeinflusst das Ergebnis der Versuchsauswertung. Für eine beobachtende Versuchsauswertung, um die es sich hier handelt, ist die Anzahl der Replikate entscheidend. Das statistische Mittel, um Aussagen zu treffen, welche Nummer an Replikaten aussagekräftig ist, wäre die prospektive Leistungsanalyse (prospective power analysis) [14]. Replikationen auf verschiedenen Parzellen sind

2. Material

gemäss Fisher [15] ein Mittel, um Messergebnisse des experimentellen Vergleiches zu verfeinern, der Hauptgrund besteht jedoch darin, und das lasse sich durch nichts anderes bewerkstelligen, eine Fehlerabschätzung zu liefern, anhand derer die Bedeutung dieser Vergleiche beurteilt werden soll.

In diesem Versuchsaufbau wurde auf die Erfahrung der Betreuerinnen vertraut und die Anzahl der Replikate auf vier gesetzt. Dadurch lässt sich der Versuch immer noch auswerten, auch wenn der Wind oder andere nicht beeinflussbare Faktoren ein Replikat zerstören würden (mündliche Mitteilung C. Catalano, 9. März 2020).

Randomisierte Verteilung von Parzellen ist laut Fisher [15] ebenso wichtig wie Replikation. Potvin [16] unterstützt diese Aussage und sagt weiter, dass ein vollständig randomisiertes Design aufgrund seiner grösseren Freiheitsgrade aussagekräftiger sein kann als ein gruppiertes Design.

Um aussagekräftige Vergleiche ziehen zu können, müssen Kontrollflächen eingebaut werden. Dies sind Fläche die keiner Behandlung unterzogen werden, also keinen Unterbau aus Wolle oder Schilf erhalten (schriftliche Mitteilung C. Catalano, 18. März 2020). Das Substrat wird mit und ohne Pflanzkohle verwendet, deshalb wird für beide Varianten eine Kontrolle benötigt.

Der Versuch in dieser Arbeit wird demnach gemäss obigen Empfehlungen aufgebaut. Da die Möglichkeiten der verschiedenen Kombinationen schier unendlich sind, da man jeden Parameter in verschiedener Einbaustärke verwenden kann, muss die Auswahl eingeschränkt werden.

Dazu werden Wolle und Chinaschilf in der Einbaustärke variabel verwendet, während das Testsubstrat und die Kombination Testsubstrat mit 20 % Pflanzkohle in immer gleicher Einbaustärke verwendet werden. Weitere Variablen kommen durch die Begrünungsmethode dazu. Je mehr Methoden untersucht werden, desto mehr Versuchsfelder ergeben sich, da jede dieser Parameterkombinationen, wie oben erwähnt, vier mal ausgeführt wird. Diese Versuchsfelder werden auf dem Dach randomisiert angeordnet. Das Dach stellt gewisse Anforderungen, wie maximale Belastung pro Quadratmeter und die maximale Belastung der gesamten Dachfläche. Diese Bedingungen müssen unter allen Umständen eingehalten werden. Diese Voraussetzungen werden unter Abschnitt 3.2.1 näher erläutert. Der Versuchsaufbau stellt mit seinen verschiedenen Anforderungen und Einschränkungen ein Optimierungsproblem dar, das jedoch überschaubar bleibt, sodass die manuelle Optimierung, durch Überlegen und Ausprobieren, möglich blieb.

2.3. Hilfsmittel

Anhand der Gewichtsangaben der verschiedenen Substratparameter wurde ein Rechenblatt zusammengestellt, das im Tabellenkalkulationsprogramm (Microsoft Excel) bei veränderten Einbaustärken immer das korrekte Gewicht bei maximaler Wasserkapazität anzeigte. Dadurch konnten die maximalen Einbaustärken für die verschiedenen Substratkombinationen ermittelt werden.

In der Standortanalyse wird jeweils für Dachfläche und Fassade dargestellt, wie sich der Schatten über das Jahr verändert, dies konnte anhand von SketchUp Pro 2020 (Version 20.0.373 64 Bits) und dem Plugin ShadowAnalysis EDU erreicht werden.

Die Pläne wurden in Vectorworks 2020 (Version SP2 R1 Build 519614 64 Bits) gezeichnet.

2.4. Materialbeschreibung und -eigenschaften

Alle benötigten Materialien der gesamten Planung werden nachfolgend in alphabetischer Reihenfolge beschrieben.

2. Material

Chinaschilf Chinaschilf *Miscanthus x giganteus* spielt als nachwachsender Rohstoff eine grosse Rolle. Das Material ist vielseitig einsetzbar und kann biodiversitätsschonend angebaut werden [17]. Im Gartenbau wird Chinaschilf als Torfersatz oder Mulchmaterial verwendet [18]. Das Mulchmaterial wird als Häcksel geliefert. Dieser kann ein Vielfaches seines Eigengewichtes an Wasser aufnehmen und bildet bei der Zersetzung pH-neutralen Humus [17].

Dachgartenerde 204 Die Dachgartenerde 204 von Ricoter ist aus gebrochenem Blähton (50 %), Vulkangestein (25 %), Rindenkompost (15 %) und Landerde (10 %) zusammengesetzt. Das Material ist gut verdichtbar, weist gutes Wasserrückhaltevermögen sowie eine gute Drainagewirkung auf und ist gleichzeitig sehr strukturstabil [19].

Klettergerüst Ein Klettergerüst ist für Kletterpflanzen, die keine Haft- oder Wurzelkletterorgane ausbilden, sondern schlingen und winden, unablässig (mündliche Mitteilung E. Trachsel Geissmann, 25. Februar 2020). Vorzugsweise wird ein Klettergerüst aus rostfreien Stahlseilen gefertigt, die einen genug grossen Durchmesser aufweisen, sodass das Gewicht von ausgewachsenen und vom Regen nassen Kletterpflanzen gehalten werden kann (mündliche Mitteilung S. Strub, Jakob Rope Systems, 15. April 2020).

Kranarbeiten Um die Ausführung dieser Planung auf dem Dach umsetzen zu können, wird ein Kran benötigt. Es bedarf eines mobilen Faltkrans mit einem Ausleger von 44 m bis 48 m.

Palettenfaltrahmen Palettenfaltrahmen sind aus Nadelholz gefertigte Rahmen, die auf Paletten gestellt werden können. An den Ecken befinden sich bewegliche Scharniere, wodurch sich die Elemente flach zusammenfallen lassen und dadurch einfach zu transportieren sind. Es werden nur diese Rahmenelemente verwendet, nicht jedoch die Paletten.

Pflanzen und Samen Es werden ausschliesslich biologisch-dynamisch kultivierte Wildstauden verwendet. Das sind züchterisch nicht veränderte Pflanzen in ihrer Wildform, die eine unersetzbare Nahrungsgrundlage für die einheimische Fauna darstellen [20].

Pflanzenkohle Pflanzenkohle wird aus trockenem Schnittmaterial, das im Gartenbau oder der Landwirtschaft anfällt, in einem Pyrolyse-Verfahren bei stark reduziertem Sauerstoffgehalt hergestellt, bei dem bei Temperaturen zwischen 350 und 1000 °C die Biomasse zu einer feinporigen Kohle verarbeitet wird [21]. Die Pflanzenkohle wirkt sich positiv auf Pflanzenwachstum und Edaphon aus [22] und erhöht die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens [23]. Die Kohle kann vorgängig in Kompost biologisch aktiviert werden, um Nährstoffe aufzuladen und deren Kationenaustauschkapazität durch Oxidation der Oberfläche zu steigern [24]. Zur Zeit laufen in Zusammenarbeit der ZHAW IUNR und Ricoter Versuche mit Stadtbaumsubstraten und Pflanzenkohle in beladenem und unbeladenem Zustand (mündliche Mitteilung C. Catalano, 7. Juni 2020). Die Ergebnisse liegen noch nicht vor. Da der Versuchsaufbau in dieser Arbeit beschränkt werden musste, wird nur unbeladene Pflanzenkohle verwendet.

Teichfolie Die Teichfolie besteht aus recykliertem Kautschuk und wurde aus einem Reststück geschnitten (mündliche Mitteilung L. Bösch, Contec, 20. Mai 2020).

2. Material

Testsubstrat Über das Testsubstrat von Ricoter wurden nur wenige Informationen zur Verfügung gestellt. Das Substrat besteht aus gebrochenem Feldstein, ist also ein Mineralsubstrat. Aufgrund der Tabelle *Lastannahme und Wasserspeicherung von Vegetationstragschichten bei maximaler Wasserkapazität* in den Richtlinien der FLL [10] wurde das Gewicht bei maximaler Wasserkapazität approximiert. Nach der Bestellung hat sich aber gezeigt, dass diese Annahme nicht haltbar ist, da das Material ohne zusätzliche Pflanzenkohle schwerer ist als das in den Richtlinien angegebene Maximalgewicht. Dies führte dazu, dass die Planung nachträglich geändert werden musste (vgl. Abschnitt 4.2.2).

Totholz Als Totholz werden stehende oder liegende abgestorbene Baumstämme, alte Baumstümpfe oder Asthaufen bezeichnet [25]. Im Abschnitt 4.3.4 wird näher darauf eingegangen.

Wildbienensand Wildbienensand besteht aus feinem, ungewaschenem Sand, der einen Anteil an Lehm enthält [26]. In Abschnitt 4.3.4 wird näher darauf eingegangen.

Wolle Wolle bietet gute pflanzenphysiologische Voraussetzungen. Sie kann bis zu 33 % ihres Trockengewichts an Wasser aufnehmen und dies dann langsam wieder an die Umwelt abgeben [27]. Das Material enthält in ungewaschenem Zustand Lanolin und ist dadurch schwer entflammbar [27]. Zugleich wirkt die Wolle mit dem Lanolin dadurch als Naturdünger, der nur sehr langsam abgebaut wird [28]. Die biologische Zersetzung beschleunigt sich, wenn das Material auseinandergezupft wird. Bringt man die Wolle im Gegenzug jedoch als Mulfschicht aus, findet der Abbau nur noch minim statt [29].

2.5. Bezugsquellen

Wenn möglich, wird das Material regional bezogen.

Chinaschilf Das Chinaschilf wird vom Hof von Ueli Freudiger in Gald im Berner Seeland erworben.

Dachgartenerde Die Dachgartenerde 204 wird von Ricoter zur Verfügung gestellt und geliefert.

Klettergerüst Das Klettergerüst könnte von Jakob Rope Systems geplant und montiert werden, es wurde dazu bereits eine Offerte eingeholt, da diese aber das Budget bei Weitem überschritt, wurde die Fassadenbegrünung als zur Zeit nicht durchführbar eingestuft.

Kranarbeiten Der mobile Faltkran wird von der Firma Flück gemietet.

Palettenfaltrahmen Die Palettenfaltrahmen werden bei Jumbo erworben.

Pflanzen und Samen Die Pflanzen und Samen werden von der Wildstaudengärtnerei Patricia Willi erworben.

Pflanzenkohle Die Pflanzenkohle wird von Verora in Edlibach in der Nähe von Baar bezogen.

Teichfolie Die Teichfolie wird von Contec bezogen.

Testsubstrat Das Testsubstrat wird von Ricoter zur Verfügung gestellt und geliefert.

Totholz Das Totholz wird von der Forst der Grün Stadt Zürich zur Verfügung gestellt und geliefert.

2. Material

Wildbienensand Der Wildbienensand wird bei der Kies AG in Glattfelden bezogen.

Wolle Die Schafwolle wird von der Non-Profit-Organisation *Förderung innovativer Wollverarbeitung Ostschweiz* (fiwo) in Amriswil bezogen.

2.6. Kostendarstellung

Chinaschilf Das Chinaschilf kostet pro Kubikmeter 65 CHF, für die Lieferung wird ein einmaliger Betrag von 550 CHF verrechnet.

Dachgartenerde Die Dachgartenerde wird von Ricoter kostenlos zur Verfügung gestellt. Für den Transport werden pro Bigbag 60 CHF verrechnet.

Kranarbeiten Der mobile Faltkran kostet pro Stunde 360 CHF zusätzlicher einer Pauschale von 190 CHF bei einer Einsatzzeit von über 5 h und 380 CHF bei einer Einsatzzeit von unter 5 h. Eine Tagespauschale wird mit 3700 CHF angesetzt, es wird der günstigere Preis verrechnet.

Palettenfaltrahmen Die Palettenfaltrahmen belaufen sich für das kleine Ausmass auf 16,95 CHF und für das grosse Ausmass auf 19,95 CHF pro Stück.

Pflanzen und Samen Die Pflanzenkosten können nicht als Preis pro Pflanze dargestellt werden, im Anhang B kann die Pflanzenkostendarstellung im Detail betrachtet werden.

Pflanzenkohle Der Preis der Pflanzenkohle wird als Einheitspreis von 1000 CHF berechnet und inkludiert die Lieferung.

Teichfolie Die Teichfolie wird mit 15 CHF pro Quadratmeter verrechnet.

Testsubstrat Das Testsubstrat wird von Ricoter kostenlos zur Verfügung gestellt. Für den Transport werden pro Bigbag 60 CHF verrechnet.

Totalz Das Totholz wird von Grün Stadt Zürich kostenlos zur Verfügung gestellt, es werden für die Zusammenstellung, das Zurechtschneiden und die Lieferung 370 CHF verrechnet.

Wildbienensand Der Wildbienensand kostet inklusive Mehrwertsteuer 64,20 CHF pro m³.

Wolle Für die Wolle wird ein Kilopreis von 0,55 CHF verrechnet.

3.

Methoden

In diesem Kapitel wird die Planung der dreiteiligen Dachbegrünung schrittweise erläutert. Nachfolgend werden die Umgebung und der Standort detailliert analysiert.

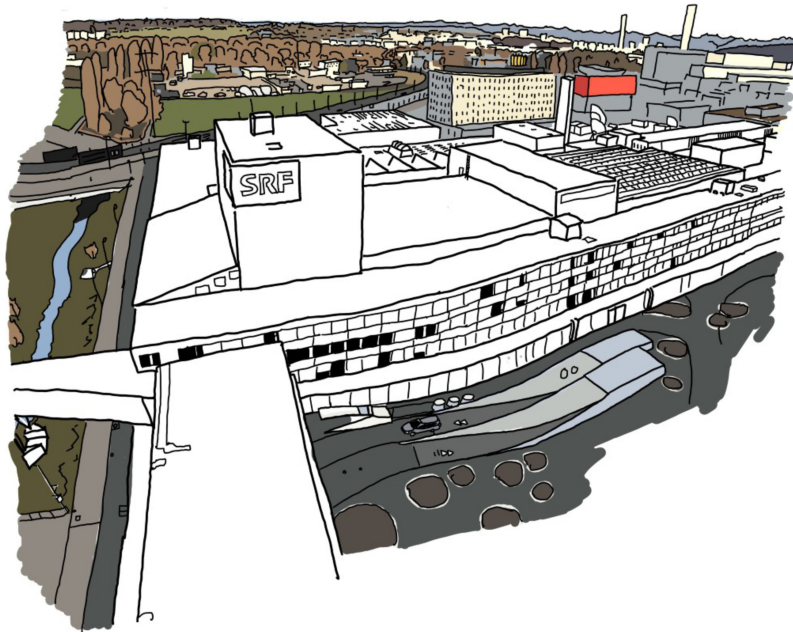


Abbildung 3.1.: Handskizze der Umgebung (Zeichnung: Caluori, S., 2019)

3.1. Umgebungsanalyse

Leutschenbach Das Quartier Leutschenbach liegt im Norden Zürichs zwischen Oerlikon und Opfikon [30].

Im Sommer betragen die durchschnittlichen Temperaturwerte (Tagesmittelwerte) für Juni 16,7 °C, für Juli 18,9 °C und August 18,2 °C, was zu einem Mittel von 17,9 °C führt. Im Herbst betragen die Werte für den September 14,2 °C, für den Oktober 9,8 °C und den November 4,2 °C, was zu einem Mittel von 9,4 °C führt. Im Winter betragen die Werte für Dezember 1,4 °C, für Januar 0,2 °C und Februar 1,1 °C, was zu einem Mittel von 0,9 °C führt. Im Frühjahr betragen die Werte für März 5,2 °C, für April 8,9 °C und Mai 13,5 °C, was zu einem Mittel von 9,2 °C führt. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge beträgt im Sommer 111 mm, im Herbst 84 mm, im Winter 68 mm und im Frühjahr 69 mm. Dies führt zu einem jährlichen Durchschnitt von 87 mm pro Monat.

3. Methoden

Die Sonnenstunden betragen im Sommer durchschnittlich 214 h, im Herbst 98 h, im Winter 53 h und im Frühjahr 156 h [31].

Früher ein Gewerbequartier, verzeichnet Leutschenbach heute starke Veränderungen. So entstehen Dienstleistungsgebäude, Wohnsiedlungen und öffentliche Bauten [30]. Die Entwicklung des Raums orientiert sich dabei am Leitbild Leutschenbach 2012 und am Entwicklungskonzept Leutschenbach 2000 [30].

Leitbild Leutschenbach Im Leitbild von Leutschenbach wird beschrieben, dass die Freiräume an die lokalen Landschaftselemente (Riedlandschaft, Wasservorkommen) angepasst und die Lebensräume für Flora und Fauna entlang von Bahngleisen und Gewässern erhalten und falls möglich ausgeweitet werden sollen. Für die ökologische Vernetzung wurde zur besseren Übersicht eine separate Karte erstellt [32].

Entwicklungskonzept Leutschenbach Das Entwicklungskonzept enthält ein Freiraumkonzept. Im Wesentlichen werden hier Ziele zu verschiedenen Arten von Freiräumen festgehalten. Flächige Freiräume wie Parks sollen miteinander verbunden und ökologisch vernetzt sein. Lineare Freiräume, zu denen Alleen und Bachläufe gezählt werden, sollen als stadtbildprägende Elemente erhalten werden. Weiter wird hoher Wert auf die Vernetzung der naturnahen Flächen, bestehende Naturwerte und den kreativen Umgang mit Meteorwasser gelegt. Private und öffentliche Freiräume sollen durch unversiegelte und naturnahe Übergänge verbunden werden [33].

Leitbild Ökologie Leutschenbach Wie oben erwähnt, wurde mit dem Leitbild Leutschenbach auch eine Karte zur Ökologie und Vernetzung erarbeitet. Leutschenbach wurde dafür in verschiedene Räume eingeteilt, die ein Potenzial für ökologisch wertvolle Flächen, beispielsweise extensiv genutzte Wiesen, aufweisen [34]. Zusätzlich zu dieser Einteilung wurde eine Liste mit faunistischen Zielarten für das Entwicklungsgebiet erarbeitet. Dazu gehören unter anderem der Alpensegler (*Apus melba*) und zwei Tagfalter-Arten (Zwergbläuling, *Cupido minimus* und Malven-Dickkopffalter, *Charcharodus alceae*), bei welchen sich Fördermassnahmen an und auf Gebäuden umsetzen lassen [34]. Diese Arbeit befasst sich nicht direkt mit der Förderung dieser Arten, jedoch werden die Bedürfnisse der Tagfalter-Arten in der Vegetationswahl berücksichtigt.

SRF Areal Im Jahr 1973 wurde das SRF-Studio am Standort Leutschenbach eingeweiht [35]. Der Gebäudekomplex besteht aus Gebäuden unterschiedlicher Baujahre und liegt auf einer Höhe von 428 m über Meer [36]. 1967 wurden die ersten und 2007 das neueste Gebäude erbaut [37]. Unter dem Projekt „SRF Next“ wird ab 2020 am Standort Leutschenbach weitergebaut. So soll ein sechsgeschossiger Neubau anstelle des Gebäudes Studio 1 entstehen [38].

3.2. Standortanalyse

Nachfolgend wird der Standort dargestellt und die Ausgangslage der Dachfläche geschildert.

Die Arbeit wird auf dem Dach des Hauptgebäudes über dem Studiotrakt S ausgeführt. Die Arealübersicht in Abbildung 3.3 schafft Klarheit über die Lokalisierung.

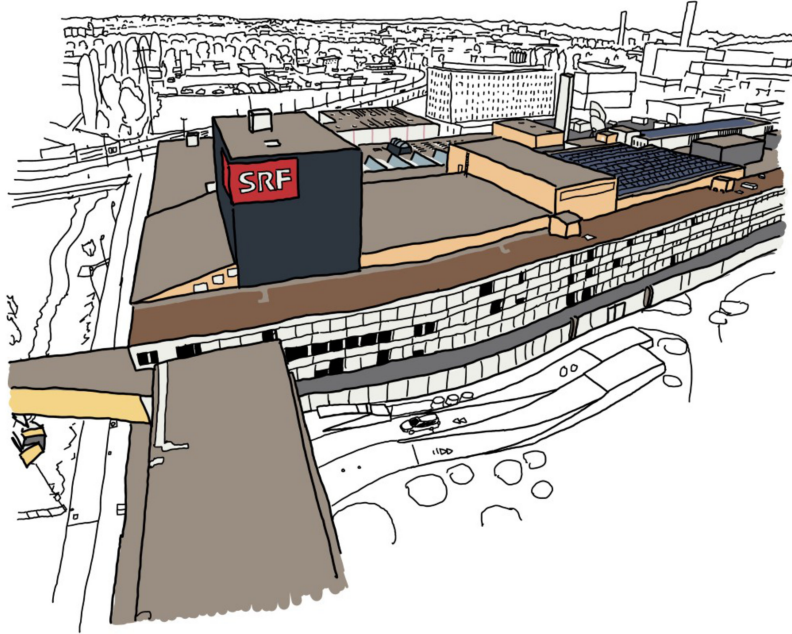


Abbildung 3.2.: Handskizze des Standortes mit Blickrichtung nach Osten. Rechts vom Turm mit dem SRF-Logo ist die Dachfläche ersichtlich, um die es in dieser Arbeit geht. (Zeichnung: Caluori, S., 2019)

3.2.1. Ausgangslage Dachfläche

Die Dachfläche befindet sich auf einer Höhe von rund 14,5 m. Das Dach hat eine Grösse von $25\text{ m} \times 32\text{ m}$. Dies ergibt eine Fläche von 800 m^2 . Die Dachfläche weist eine durchschnittliche Dachlast von $1,5\text{ kN/m}^2$ für eine Dachbegrünung auf. Dies sind umgerechnet rund 150 kg/m^2 . Darin nicht enthalten ist die Reserve sowie die mögliche Schneelast, die nochmals die gleiche Last pro Quadratmeter umfasst (schriftliche Mitteilung R. Merk, HTB Ingenieure AG, 6. März 2020). Im Unterbau der Dachfläche sind Stahlbalken, bei deren Kreuzung eine punktuell höhere Dachlast von bis zu 5 kN/m^2 möglich ist (schriftliche Mitteilung R. Merk, HTB Ingenieure AG, 6. März 2020) dargestellt in Abbildung 3.4. Auf dem Dach gibt es drei Wasserabläufe, die auf die Unterdächer zu beiden Seiten ableiten. Das Ausmass jeden Ablaufes beträgt 20 cm auf 20 cm. In Abbildung 3.5 werden die Standorte dargestellt.

Der Dachaufbau wird in Abbildung 3.6 ersichtlich. Es handelt sich um ein Umkehrdach (schriftliche Mitteilung N. Baumann, 20. April 2020).

Durch die Schattenanalyse von SketchUp kann die Anzahl Schattenstunden pro ausgewähltem Tag dargestellt werden. In Abbildung 3.7 werden die Schattenstunden für den Zeitraum 21. März bis 21. Oktober dargestellt. Darauf lässt sich erkennen, wie sich der Schatten über die ganze Fläche durchs Jahr verändert.

3.2.2. Ausgangslage Fassade

Die Fassade hat eine südöstliche Ausrichtung und grenzt an die zu begrünende Dachfläche. Sie beginnt in einer Höhe von rund 14,5 m und endet mit dem Gebäude bei rund 27 m. Die Gesamthöhe der Fassade beträgt somit rund 12,5 m. Die Breite der Fassade beträgt 25 m. An der rechten oberen

3. Methoden

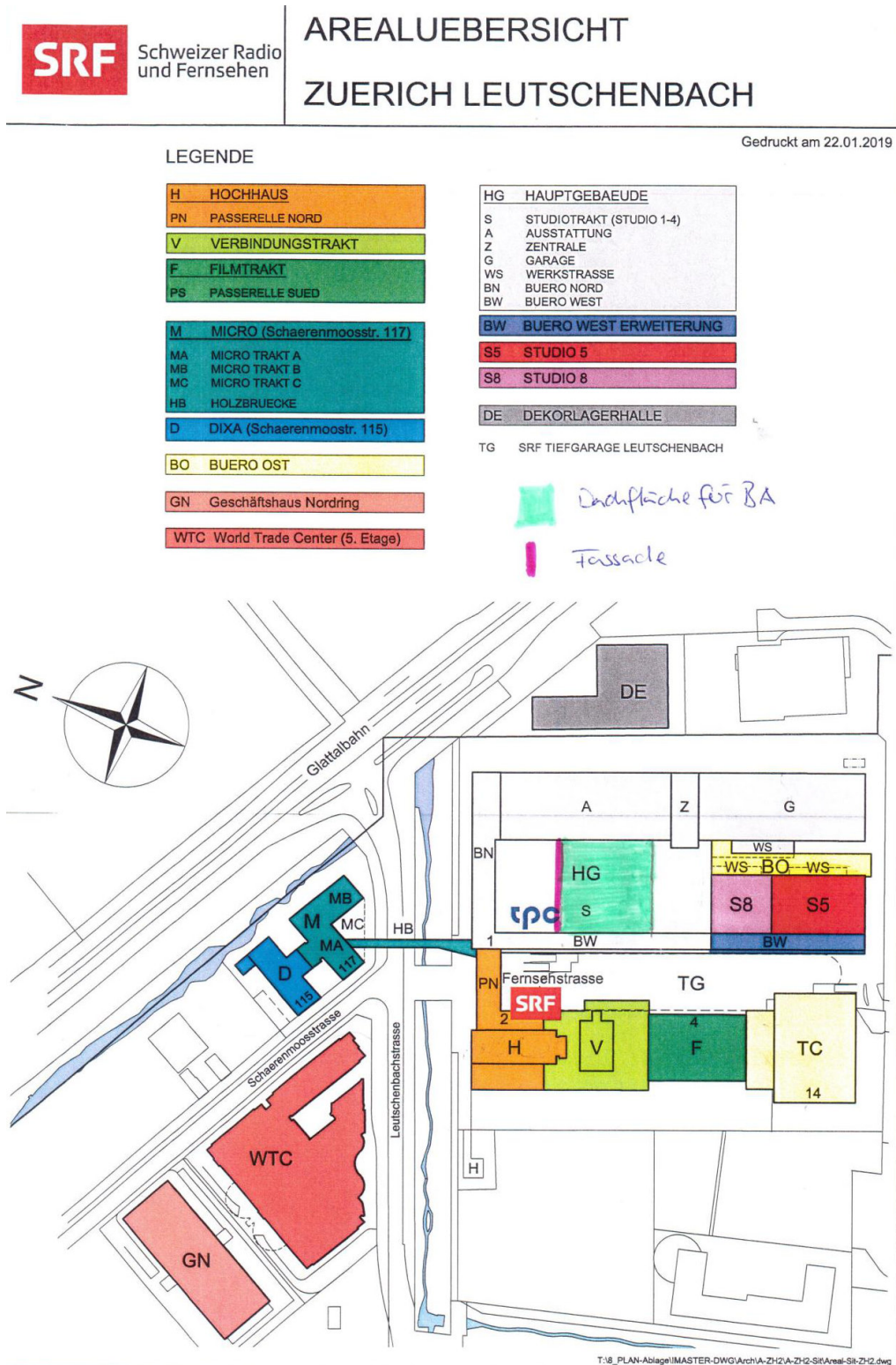


Abbildung 3.3.: Die türkisfarbene Fläche zeigt die Lokalisierung der zu begrünenden Dachfläche an, während der pinke Streifen links davon den Standort der Fassade darstellt. Zur Verfügung gestellt vom SRF, verändert durch die Autorin.

3. Methoden



Abbildung 3.4.: Darstellung der Punkte mit erhöhter Tragfähigkeit. Diese Punkte ertragen eine Belastung von 5 kN/m^2 und weisen ein Ausmass von jeweils 1 m auf 1 m auf, respektive 0,5 m auf 1 m [39].

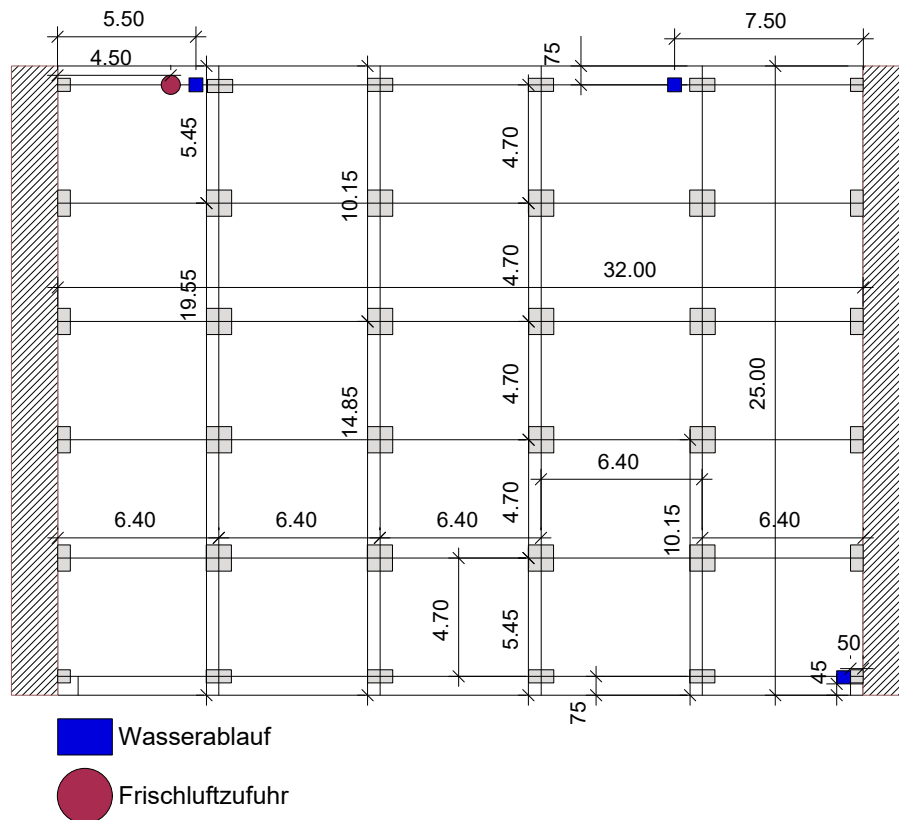


Abbildung 3.5.: Darstellung der Standorte der Wasserabläufe in blau. Das Ausmass beträgt 20 cm auf 20 cm, wurde jedoch zur Übersicht in der Darstellung vergrössert. Die grauen Elemente sind die in Abbildung 3.4 dargestellten Punkte mit erhöhter Tragfähigkeit, die hier vermasst werden. Zusätzlich wird die einzige Frischluftöffnung in rot dargestellt. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

3. Methoden

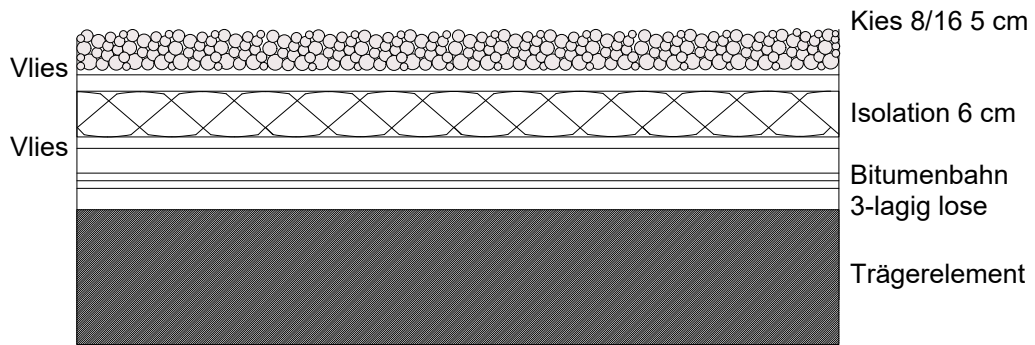


Abbildung 3.6.: Diagramm des aktuellen Dachaufbaus. Auf dem Trägerelement wurden dreilagig Bitumenbahnen lose verlegt, mit einem Vlies abgedeckt und darauf eine Isolation von 6 cm sowie ein weiteres Vlies verlegt. Der Aufbau wird mit 5 cm 8/16 Rundkies abgeschlossen. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

Seite der Fassade ist aber ein Schild mit dem Logo des SRF befestigt, welches frei zu bleiben hat. Die Ausmasse dieses Schildes sind geschätzt 3 m in der Höhe und 6 m in der Breite. Um keine unnötigen Pflegemassnahmen durch Überwucherung des Schildes zu verursachen, wird eine Breite von 8 m angenommen, was eine Fassadenfläche von $212,5 \text{ m}^2$ für eine Begrünung bedeutet. Abbildung 3.8 zeigt die Fassade.

Der Aufbau der Fassade ist von aussen nach innen: Trapezblech als Wetterschutz, Durisol Wandelement (Leichtbeton-Isolation, Aufbaustärke unbekannt) und eine Stahlunterkonstruktion, die in Abbildung 3.9 gezeigt wird. Das Trapezblech hat keine tragende Funktion. Jegliche Kletterhilfen müssen in der Stahlunterkonstruktion verankert werden (mündliche Mitteilung, R. Merk, HTB Ingenieure AG, 28. Januar 2020).

Mittels Schattenanalyse von SketchUp wurden auch für die Fassade die Schattenstunden pro Tag ermittelt. Die Fassade wird zwischen März und Oktober im Schnitt für 3 h 52 m beschattet. Die Beschattung der einzelnen Monate wird in Abbildung 3.10 gezeigt.

3. Methoden

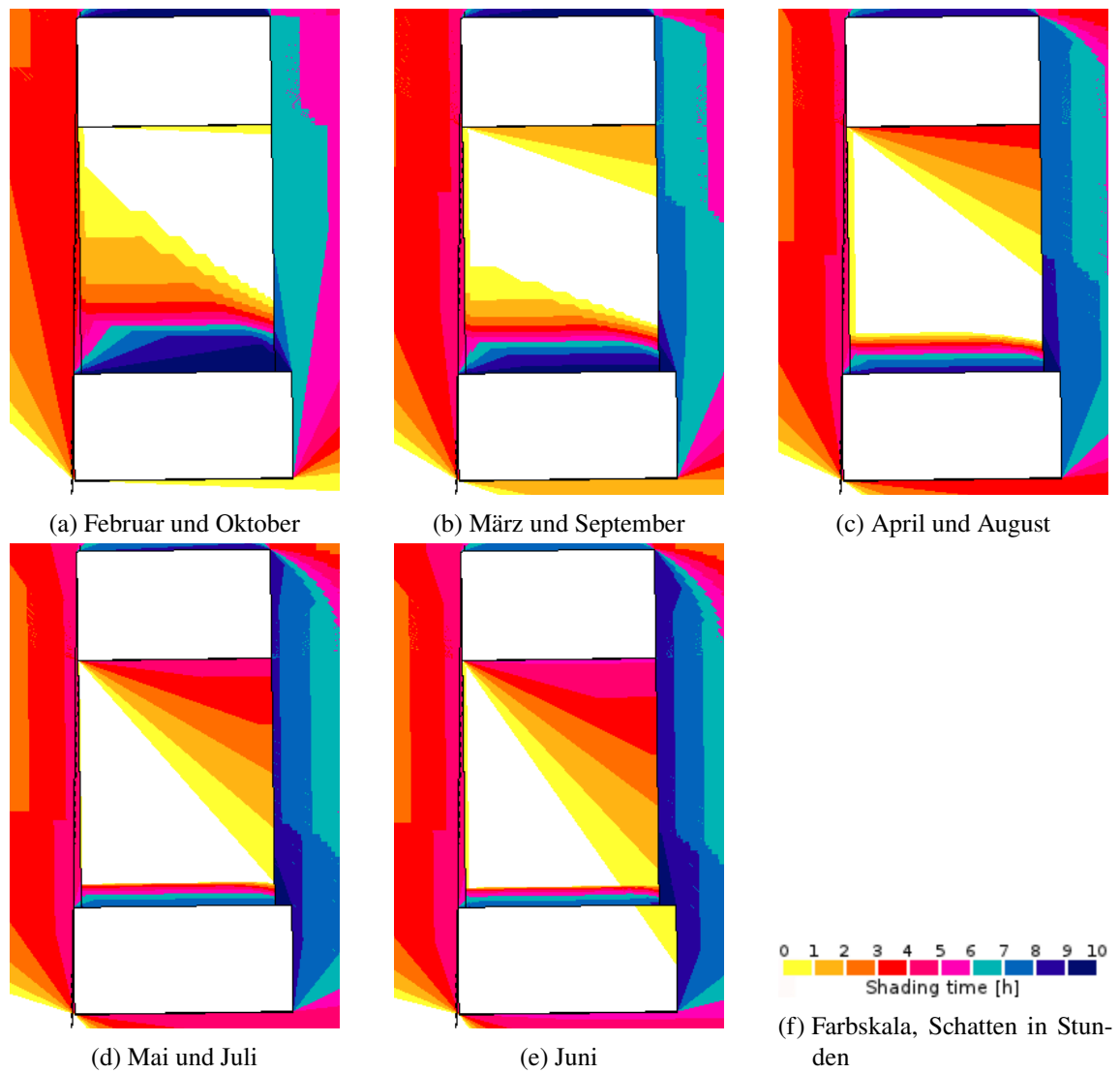


Abbildung 3.7.: Darstellung der Schattenstunden auf dem Dach zwischen Februar und Oktober.
(Zeichnung: Grossi, M., 2020)



Abbildung 3.8.: Abbildung der Fassade. (Eugster, I., 2019)

3. Methoden

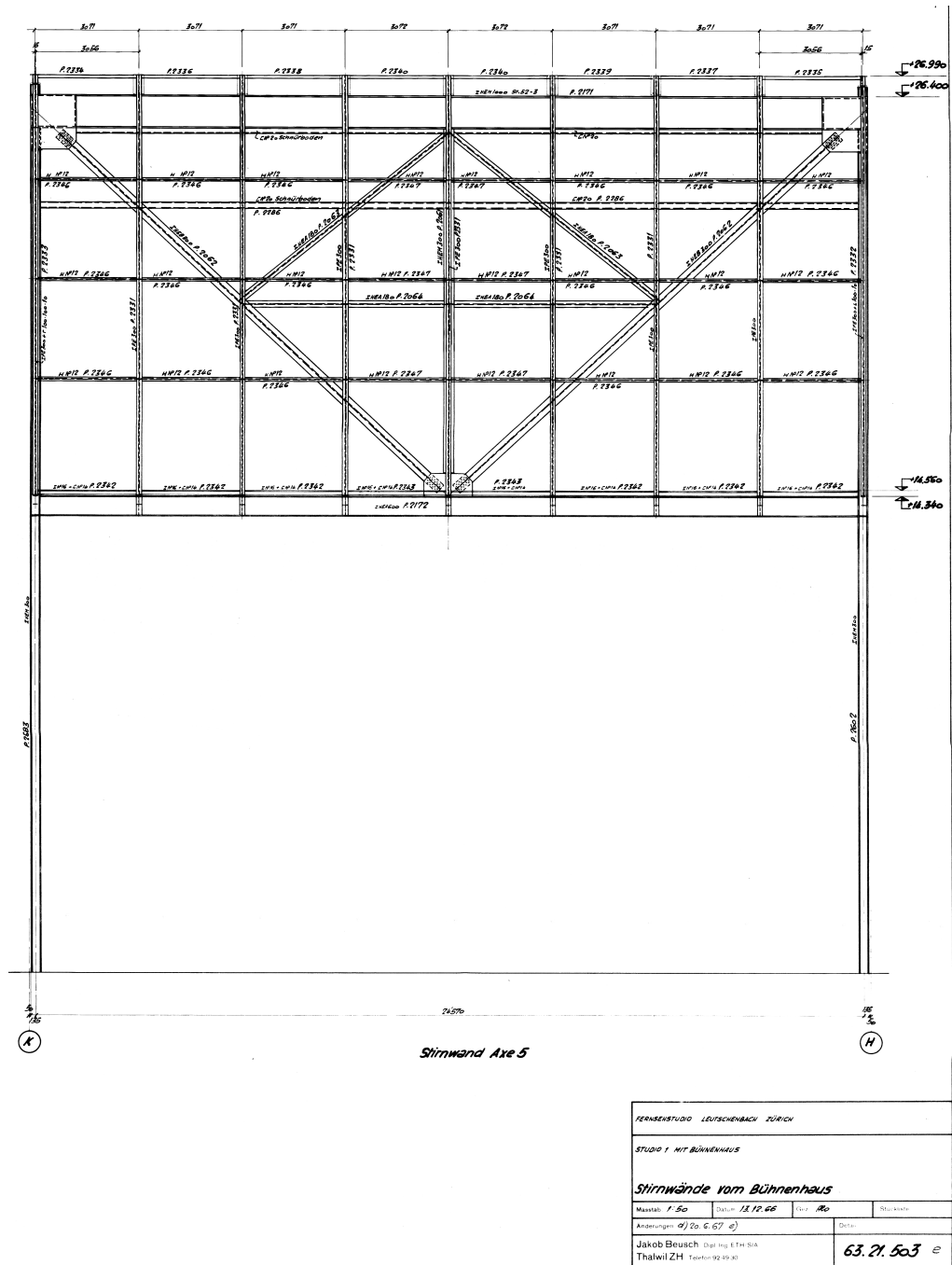


Abbildung 3.9.: Der Aufbau der Stahlunterkonstruktion wird als Handzeichnung dargestellt [40]

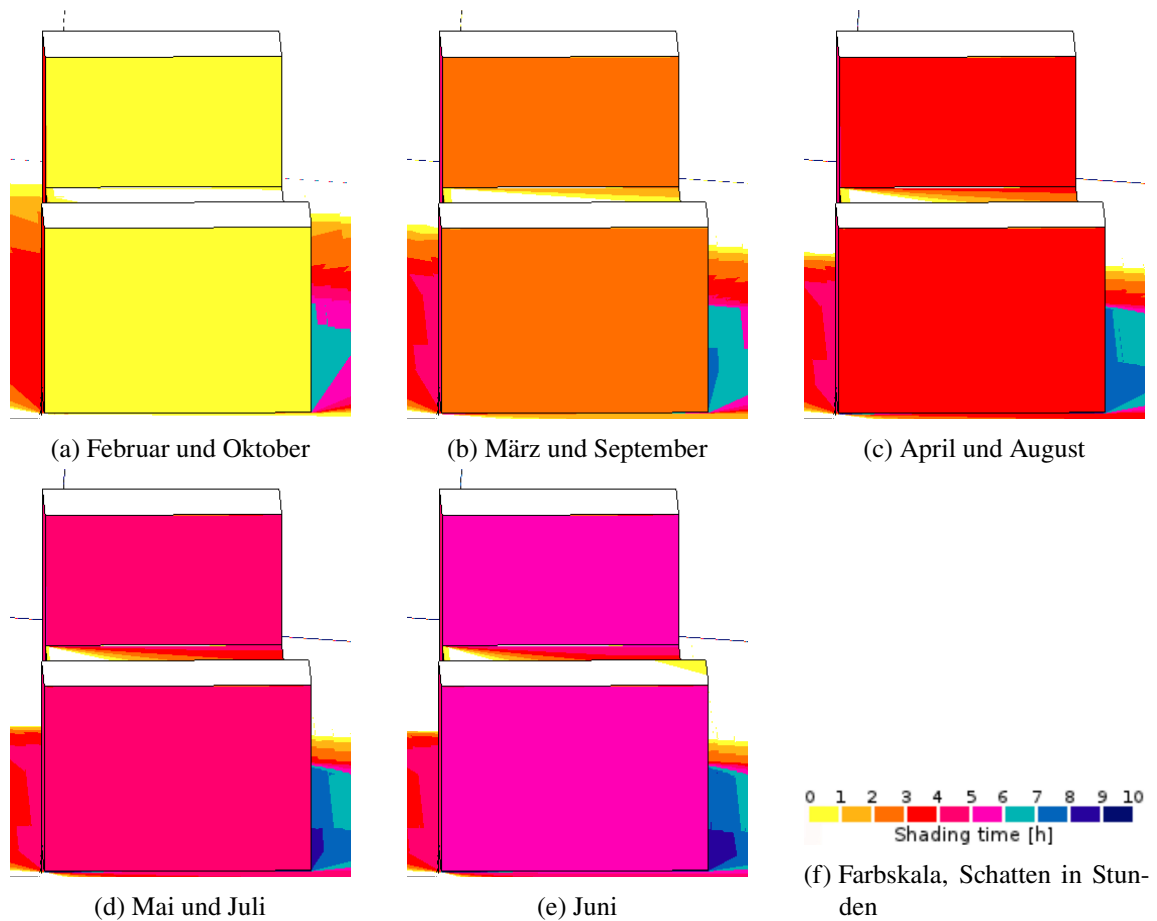


Abbildung 3.10.: Darstellung der Schattenstunden an der Fassade zwischen Februar und Oktober.
(Zeichnung: Grossi, M., 2020)

4.

Ergebnisse und Diskussion

Die in diesem Kapitel dargestellten Pläne wurden vom Statiker geprüft und am 29. Juni 2020 schriftlich genehmigt.

4.1. Flächenaufteilung

Anhand der Schattenanalyse konnte in Abschnitt 3.2.1 festgestellt werden, wie der Schatten übers Jahr betrachtet auf dem Dach wandert. Da für ökologische Experimente die Standortbedingungen pro Parzelle gleich sein sollen [16], wird die Dachfläche aufgeteilt, sodass die gleichen Schattenbedingungen für die Versuchsfläche vorliegen. Als gleich werden in diesem Fall 0 h bis 4 h Schatten pro Tag bewertet. Da der Schatten auf dem Dach wandert, wie in Abbildung 3.7 ersichtlich, würde ansonsten nicht genug schattenlose Fläche übrig bleiben und die Fläche wäre für einen Versuchsaufbau zu klein. Die Dachfläche wird in eine Teilfläche für den Versuchsaufbau, eine Teilfläche mit einem naturnah gestalteten Aufbau und eine Teilfläche für eine Fassadenbegrünung unterteilt, wie in Abbildung 4.1 ersichtlich. In allen nachfolgenden Planungsschritten wird die SIA Norm 312 berücksichtigt und eingehalten. Der Gesamtplan ist im Anhang unter Abbildung C.1 ersichtlich.

4.1.1. Versuchsfläche

Die Fläche mit den gleichen Standortbedingungen in der Mitte der Dachfläche wird für den Versuchsaufbau verwendet. Das Flächenmass beträgt 23,9 m auf 23,5 m. Dies ergibt eine Fläche von $561,65 \text{ m}^2$. Die Versuchsfläche wird in Abbildung 4.2 dargestellt.

4.1.2. Naturnahe Fläche

Die Fläche, die teilweise mehr als 4 h Schatten pro Tag aufweist, wird naturnah gestaltet. Auf dieser Fläche werden verschiedene ökologische Strukturen errichtet. Diese Strukturen können unter anderem als Nisthilfe oder Sitzwarte genutzt werden. Durch eine zusätzliche Bepflanzung der Fläche wird durch das reichhaltige Blütenangebot eine Nahrungsgrundlage für verschiedene Arten geschaffen. Somit weist diese Fläche einen hohen ökologischen Wert auf. Das Ausmass dieser Fläche beträgt 7 m auf 23,5 m, was eine Fläche von $164,5 \text{ m}^2$ ergibt.

Eine zweite kleinere naturnahe Fläche wird unter dem in Abschnitt 3.2.1 erwähnten Schild errichtet. Dies auch, da dort die Standortbedingungen aufgrund der Schattenlage nicht mit denen der Versuchsfläche vergleichbar sind, was in Abbildung 3.7 ersichtlich wird. Diese Fläche hat ein Ausmass von 1,1 m auf 7,75 m, was eine Gesamtfläche von $8,525 \text{ m}^2$ ergibt. Die Gesamtfläche der beiden Flächen beträgt $173,025 \text{ m}^2$. Die beiden Flächen werden in Abbildung 4.3 dargestellt.

4. Ergebnisse und Diskussion

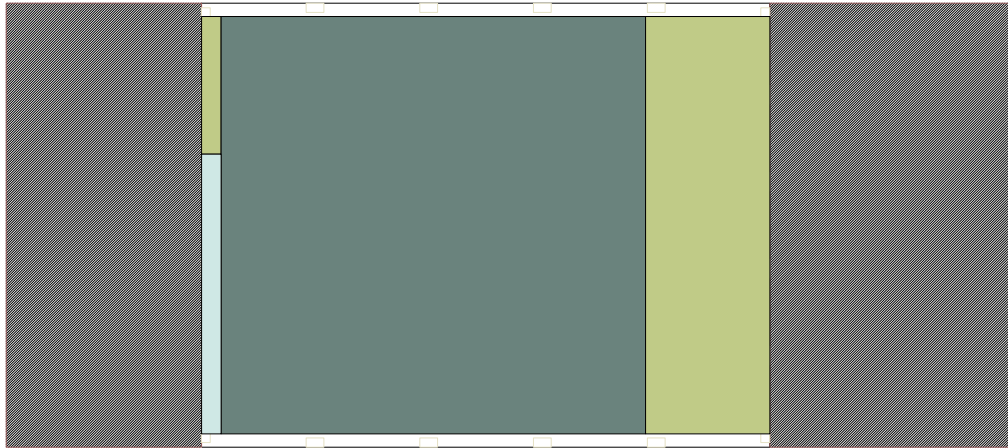


Abbildung 4.1.: Die drei verschiedenen Flächentypen werden dargestellt. Die grosse Fläche in der Mitte stellt die Versuchsfläche dar. Die hellgrünen Flächen werden für die naturnahe Gestaltung benutzt, während die hellblaue Fläche für die Fassadenbegrünung dient. Die weissen Streifen oben und unten bestehen aus Kies, sind 0,75 m breit und bleiben so bestehen. Die schraffierten Flächen links und rechts der Dachfläche stellen die anschliessenden Gebäudetürme dar. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

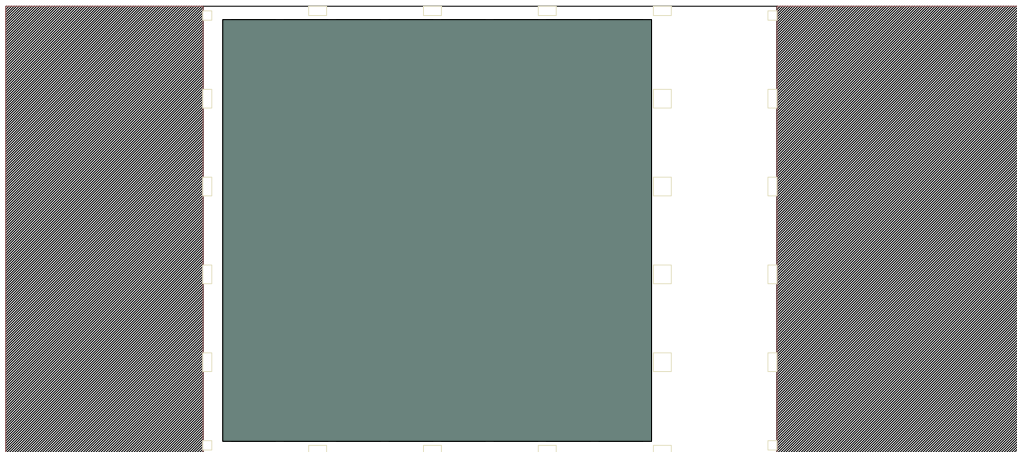


Abbildung 4.2.: Die smaragdgrüne Fläche ist die für den Versuchsaufbau ausgeschiedene Fläche. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

4. Ergebnisse und Diskussion

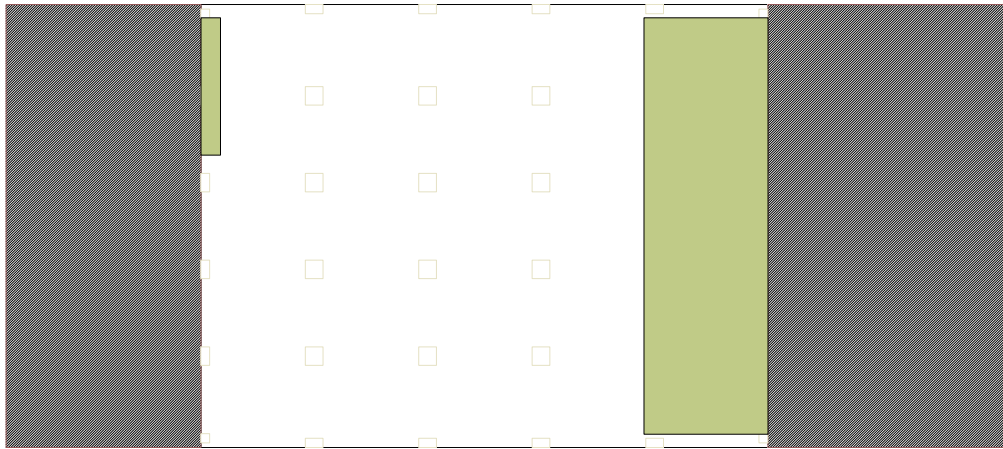


Abbildung 4.3.: Die hellgrüne Fläche wurde für die naturnahe Strukturfläche ausgeschieden. Aufgrund der Schattenanalyse wird auf der linken Seite ein kleines Stück dieser Fläche zugeschlagen. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)



Abbildung 4.4.: Die hellblaue Fläche wurde für die Fassadenbegrünung ausgeschieden. Die Fläche wird für die Platzierung der Gefässe benötigt, da eine bodengebundene Fassadenbegrünung an diesem Standort nicht funktionieren würde (mündliche Mitteilung E.Trachsel Geissmann, 25. Februar 2020). (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

4.1.3. Fassade

Für die Fassadenbegrünung wird eine Fläche von 1,1 m auf 15,75 m veranschlagt, was eine Gesamtfläche von 17,325 m² ergibt. Die Fläche wird in Abbildung 4.4 dargestellt.

4.2. Aufbau Versuchsfläche

Aufgrund des Gewichts und mit dem Ziel, trotz der vielfältigen Möglichkeiten die Ausführung nicht zu kompliziert werden zu lassen, wird die Einbaustärke des Testsubstrates generell auf 9 cm beschränkt. Ziel des Versuches ist die Untersuchung verschiedener Substratkombinationen auf der Grundlage eines Testsubstrats, das in Abschnitt 2.4 erläutert wird. Mit dem Testsubstrat werden verschiedene Substanzen kombiniert. Diese daraus resultierenden Substratkombinationen werden in zwei Gruppen aufgeteilt. In der einen Gruppe wird das Testsubstrat ohne Zusatz von Pflanzenkohle verwendet, während dem Testsubstrat der anderen Gruppe bei sonst gleichbleibender Zusammensetzung 20 % Pflanzenkohle beigelegt wurde. Was alles untersucht wird, wird unter Abschnitt 4.2.7 genauer erläutert.

Die verschiedenen Substrate, die in Kombination mit dem Testsubstrat zur Untersuchung kommen, sind:

1. Wolle, Einbaustärke 5 cm
2. Wolle, Einbaustärke 10 cm
3. Wolle, Einbaustärke 15 cm
4. Chinaschilf gehäckselt, Einbaustärke 5 cm
5. Chinaschilf gehäckselt, Einbaustärke 10 cm

und zur Kontrolle, ohne Zusatz von Wolle oder Chinaschilf

6. nur Testsubstrat.

Dies ergibt im Ganzen zwölf verschiedene Kombinationen, wenn das Testsubstrat einmal mit und einmal ohne zusätzliche Pflanzenkohle eingesetzt wird. Die Wolle und das Chinaschilf werden immer als unterste Schicht eingebaut. Das Gewicht der Wolle in nassem und trockenem Zustand in den verschiedenen Einbaustärken ist unter Tabelle 4.1 ersichtlich. Die Parzellenaufteilung mit Wolle ist als Plan im Anhang unter Abbildung C.2 ersichtlich. Das Gewicht von Chinaschilf in nassem und trockenem Zustand in den verschiedenen Einbaustärken ist unter Tabelle 4.2 ersichtlich. Die Parzellenaufteilung mit Chinaschilf ist als Plan im Anhang unter Abbildung C.3 ersichtlich.

Darüber folgt das Testsubstrat. In der Tabelle 4.3 werden die Gewichte für 4 cm Schichtstärke dargestellt, warum in dieser Schichtstärke, wird in Abschnitt 4.2.2 ersichtlich. Die Parzellenaufteilung des Substrates ist als Plan im Anhang unter Abbildung C.4 ersichtlich.

Jede dieser zwölf oben aufgeführten Kombinationen wird auf dem Dach viermal eingebaut. Dies ergäbe bis hierher also 48 Felder. Diese Substratkombinationen werden mit verschiedenen Begrünungsmethoden untersucht, dadurch vergrößert sich diese Zahl noch.

4.2.1. Begrünungsmethoden

Die möglichen Begrünungsmethoden wären Initialpflanzung, Saat, eine Kombination von Pflanzung und Saat oder eine Heusaat von einer Spenderfläche. Da jede Versuchskombination viermal ausgeführt wird, würde die Auswahl aller möglichen Begrünungsmethoden zu einer unüberschaubaren Anzahl an Versuchsfeldern führen. Um die Anzahl der Versuchsfelder möglichst überschaubar zu halten, beschränkt sich dieser Versuchsaufbau auf die Kombination von Pflanzung und Saat. Als Kontrolle werden Versuchsfelder ohne Begrünung eingesetzt, dies, um zu bestätigen, dass sich die

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 4.1.: Gewichtsdarstellung Wolle. Unter Nummern sind nur die Substratmischungsnummern aufgelistet, die Wolle enthalten. Nummer i stellt das Gewicht dar, wenn nur 1 cm auf einen Quadratmeter eingebaut würde. ES: Einbaustärke, GW: Gewicht bei maximaler Wasserkapazität, GT: Trockengewicht, AV: Aufgelockertes Volumen, Einbaustärke unter Berücksichtigung des Auflockerungsfaktors (1.6), FG: Flächengrösse, BM: Bestellmenge.

Nummer	ES [cm]	GW [kg]	GT [kg]	AV [cm]	FG [m ²]	BM [m ³]
i	1	0,33	0,25	1,6	–	–
1	5	1,65	1,25	8	14,55	1,164
2	5	1,65	1,25	8	14,55	1,164
3	10	3,3	2,5	16	14,55	2,328
4	10	3,3	2,5	16	14,55	2,328
5	15	4,95	3,75	24	14,55	3,492
6	15	4,95	3,75	24	14,55	3,492
13	5	1,65	1,25	8	14,55	1,164
14	5	1,65	1,25	8	14,55	1,164
15	10	3,3	2,5	16	14,55	2,328
16	10	3,3	2,5	16	14,55	2,328
17	15	4,95	3,75	24	14,55	3,492
18	15	4,95	3,75	24	14,55	3,492
Total Bestellmenge Wolle:						27,9

Tabelle 4.2.: Gewichtsdarstellung Chinaschilf. Unter Nummern sind nur die Substratmischungsnummern aufgelistet, die Schilf enthalten. Nummer ii stellt das Gewicht dar, wenn nur 1 cm auf einen Quadratmeter eingebaut würde. ES: Einbaustärke, GW: Gewicht bei maximaler Wasserkapazität, GT: Trockengewicht, AV: Aufgelockertes Volumen, Einbaustärke unter Berücksichtigung des Auflockerungsfaktors (1.6), FG: Flächengrösse, BM: Bestellmenge.

Nummer	ES [cm]	GW [kg]	GT [kg]	AV [cm]	FG [m ²]	BM [m ³]
ii	1	4	1,25	1,6	–	–
7	5	20	6,25	8	14,55	1,164
8	5	20	6,25	8	14,55	1,164
9	10	40	12,5	16	14,55	2,328
10	10	40	12,5	16	14,55	2,328
19	5	20	6,25	8	14,55	1,164
20	5	20	6,25	8	14,55	1,164
21	10	40	12,5	16	14,55	2,328
22	10	40	12,5	16	14,55	2,328
Total Bestellmenge Schilf:						13,7

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 4.3.: Gewichtsdarstellung Testsubstrat. Nummer iii stellt das Gewicht dar, wenn nur 1 cm auf einen Quadratmeter eingebaut würde. ES: Einbaustärke, GW: Gewicht bei maximaler Wasserkapazität, GT: Trockengewicht, dafür werden vom GW 4,2 kg abgezogen, AV: Aufgelockertes Volumen, Einbaustärke unter Berücksichtigung des Auflockerungsfaktors (1.15), FG: Flächengrösse, BM: Bestellmenge, TS: Testsubstrat, +PK: inkl. 20 % Pflanzenkohle.

Nr.	Einbaustärke [cm]		GW [kg]		GT [kg]		AV [cm]		FG [m ²]	BM [m ³]	
	TS+PK	TS	TS+PK	TS	TS+PK	TS	TS+PK	TS		TS+PK	TS
iii	1	1	19	23	14,8	18,8	1,15	1,15	–	–	–
1	4		76		59,2		4,6		14,55	0,6693	
2	4		76		59,2		4,6		14,55	0,6693	
3	4		76		59,2		4,6		14,55	0,6693	
4	4		76		59,2		4,6		14,55	0,6693	
5	4		76		59,2		4,6		14,55	0,6693	
6	4		76		59,2		4,6		14,55	0,6693	
7	4		76		59,2		4,6		14,55	0,6693	
8	4		76		59,2		4,6		14,55	0,6693	
9	4		76		59,2		4,6		14,55	0,6693	
10	4		76		59,2		4,6		14,55	0,6693	
11	4		76		59,2		4,6		14,55	0,6693	
12	4		76		59,2		4,6		14,55	0,6693	
13		4		92		75,2		4,6	14,55		0,6693
14		4		92		75,2		4,6	14,55		0,6693
15		4		92		75,2		4,6	14,55		0,6693
16		4		92		75,2		4,6	14,55		0,6693
17		4		92		75,2		4,6	14,55		0,6693
18		4		92		75,2		4,6	14,55		0,6693
19		4		92		75,2		4,6	14,55		0,6693
20		4		92		75,2		4,6	14,55		0,6693
21		4		92		75,2		4,6	14,55		0,6693
22		4		92		75,2		4,6	14,55		0,6693
23		4		92		75,2		4,6	14,55		0,6693
24		4		92		75,2		4,6	14,55		0,6693
Menge Substrat +PK: ≈8,0											
Menge Substrat abzüglich 20 % Pflanzenkohle: ≈6,5											
Bestellmenge Substrat: ≈8,0											
Total Bestellmenge Substrat: ≈14,5											

Begrünungsmethode erfolgreich etabliert und nicht zufällig durch Vögel oder Wind eingetragen wurde. Es gibt somit zwei Gruppen von Versuchsfeldern: begrünte und nicht begrünte Parzellen. Dadurch verdoppelt sich die Zahl der Versuchsfelder erneut, es werden für jede der zwölf Substratkombinationen jeweils vier begrünte und vier unbegrünte Versuchsfelder angelegt, so dass sich auf der Versuchsfläche eine Anzahl von 96 Versuchsparzellen ergibt.

4.2.2. Planungsänderungen

Gegen Ende der Planungsphase haben sich, da nicht alle Informationen zum Testsubstrat rechtzeitig vorlagen, verschiedene Änderungen ergeben. Aufgrund der Lastgrenzen wird das Substrat anstelle einer Einbaustärke von 9 cm nur noch mit 4 cm eingebaut, und die Begrünung erfolgt nicht mit einer Kombination von Pflanzung und Saat, sondern nur durch Saat, da 4 cm Substrat zu wenig Material aufweist, um eine Pflanzung vorzunehmen. Die Pläne und Zeichnungen in dieser Arbeit werden aber für die erstgenannten Optionen dargestellt, sofern nicht anders erwähnt.

4.2.3. Flächengrösse und Anordnung der einzelnen Versuchsflächen

Aus Abschnitt 4.2 geht hervor, dass für den Versuch 96 Parzellen entstehen. Daraus ergibt sich mittels Primfaktorverteilung eine ausgeglichene Flächenverteilung von 12 zu 8 Flächen auf dem Dach. Bei einer Flächengrösse von 23,9 m auf 23,5 m, wie in Abschnitt 4.1.1 erwähnt, sowie mit einer eingerechneten Wegbreite von 0,5 m zwischen den einzelnen Feldern ergibt sich eine Länge von 2,42 m und eine Breite von 1,5 m pro Versuchsfeld. Daraus ergibt sich eine Einzelflächengrösse von 3,6375 m². Die Aufteilung in die Einzelflächen ist unter Abbildung 4.5 ersichtlich und die Bemassung der Einzelfläche wird in Abbildung 4.6 dargestellt.

Zur Anordnung der verschiedenen Substratmischungen auf dem Dach wird dieses in vier gleiche Teile geteilt, indem es in jeder Richtung halbiert wird. Aufgrund der Schattenanalyse in Abbildung 3.7 lassen sich marginal verschiedene Standortbedingungen ausmachen. Um die repräsentative Auswertung jeder Substratmischung zu gewährleisten, kommt nun in jedem dieser Quadranten jede Substratmischung einmal in zufälliger Anordnung vor. Pro Quadrant wurde für jede Fläche eine uniform verteilte Zufallszahl auf einer Skala von 0 . . . 1 gezogen und die Flächen nach dieser Zahl angeordnet. Das Ergebnis dieser Zufallsverteilung wird in Abbildung 4.7 dargestellt. In Abbildung 4.8 wird die Fläche vermasst dargestellt und in Tabelle 4.4 werden die Nummern der Substratmischungen ersichtlich, die in den Plänen verwendet werden.

4.2.4. Pflanzenzusammenstellung

Die Pflanzenzusammenstellung wurde anhand der Angaben zu Pflanzen, die für Wildbienen und Schmetterlinge besonders wertvoll sind, bei Westrich [41] und vom Bundesamt für Naturschutz [42] begonnen. Danach wurde aufgrund der Angaben von Willi [20] eine Auswahl getroffen und mittels der Hinweise von Brüngger und Rossi [43] anhand der Standortbedingungen vor Ort ergänzt. Anschliessend wurden die Regionalität und der heimische Status mittels Lauber, Wagner und Gygax [44] und Info Flora [45] überprüft und der ökologische Wert via Floretia [46] erarbeitet. Die Bepflanzung ist also durchgehend heimisch, weitestgehend regional und ökologisch für verschiedene Fauna wertvoll, wie es im Sinne von Mission B und der Stiftung Natur & Wirtschaft ist.

4. Ergebnisse und Diskussion

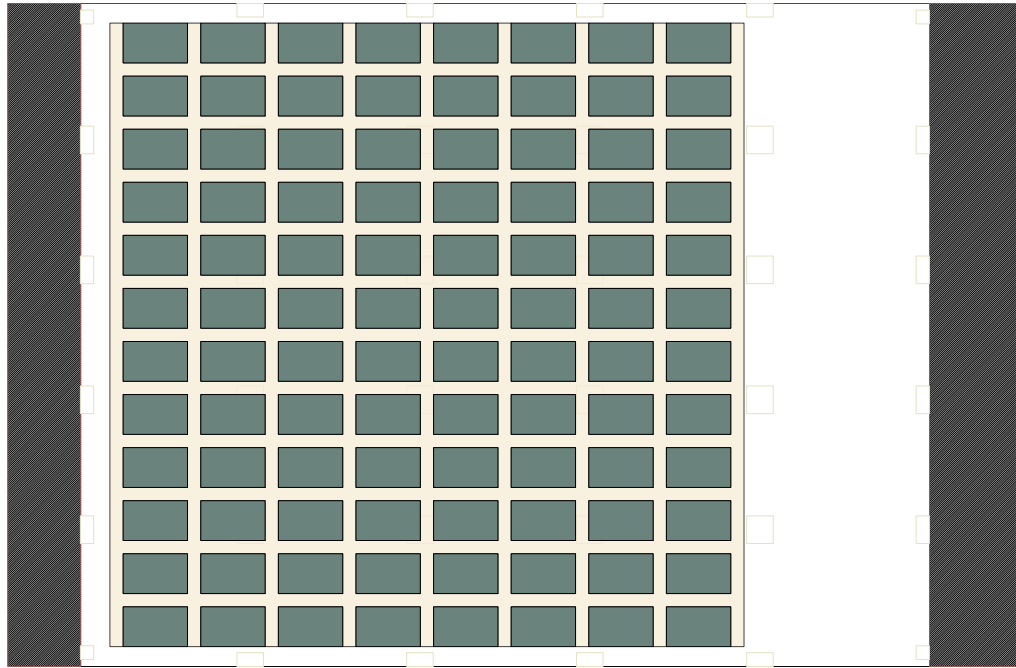


Abbildung 4.5.: Darstellung der Verteilung der einzelnen Versuchsfelder auf dem Dach. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

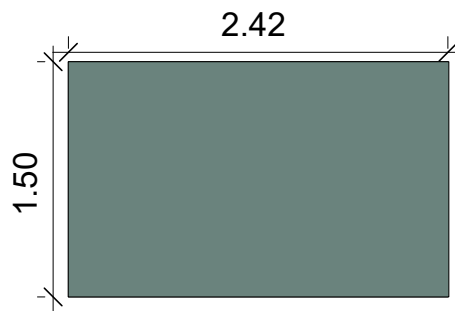


Abbildung 4.6.: Darstellung der einzelnen Versuchsfeld mit Bemassung in Meter. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

4. Ergebnisse und Diskussion

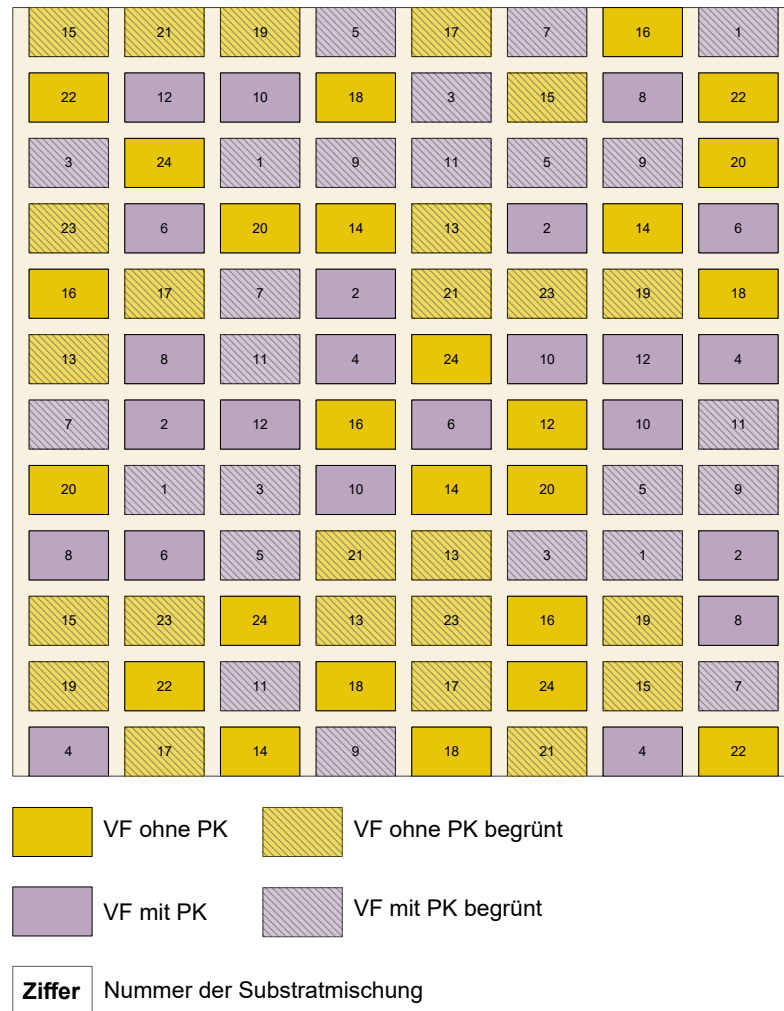


Abbildung 4.7.: Darstellung der zufälligen Anordnung der Parzellen auf dem Dach. Die Ziffern in den einzelnen Feldern geben die Substratmischung wieder. Zwischen allen Flächen wird eine Wegfläche von 0,5 m geführt. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

4. Ergebnisse und Diskussion

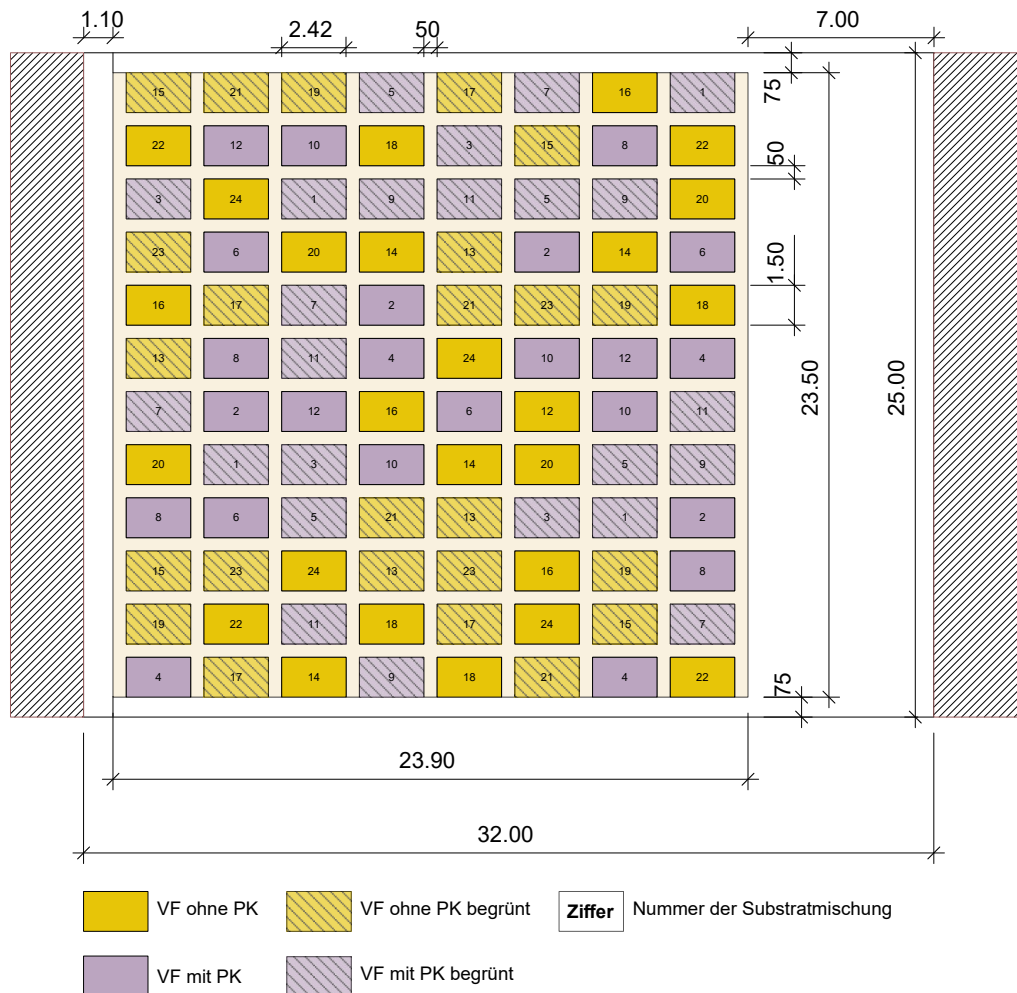


Abbildung 4.8.: Darstellung der Versuchsfläche mit Bemassung in Meter. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 4.4.: Substratmischungsnummern. Testsubstrat+PK bedeutet inklusive 20% Pflanzenkohle. Die Darstellung erfolgt mit dem geänderten Substrataufbau von 4 cm. Die Begrünungsmethode stellt die aktuellste Variante dar, ursprünglich bestand diese Methode aus einer Kombination von Pflanzung und Saat.

Nummer	Einbaustärke [cm]				Begrünungsmethode
	Wolle	Schilf	Testsubstrat+PK	Testsubstrat	
1	5		4		Saat
2	5		4		keine
3	10		4		Saat
4	10		4		keine
5	15		4		Saat
6	15		4		keine
7		5	4		Saat
8		5	4		keine
9		10	4		Saat
10		10	4		keine
11			4		Saat
12			4		keine
13	5			4	Saat
14	5			4	keine
15	10			4	Saat
16	10			4	keine
17	15			4	Saat
18	15			4	keine
19		5		4	Saat
20		5		4	keine
21		10		4	Saat
22		10		4	keine
23				4	Saat
24				4	keine

Tabelle 4.5.: Pflanzenauswahl Versuchsfläche

Artname	Regional	Artenvielfalt	Vögel	Schmetterlinge	Wildbienen	Käfer	Fledermäuse
<i>Anthyllis vulneraria</i>	ja	noch keine Angaben seitens Floretia					
<i>Campanula rapunculoides</i>	ja	★	★	○	★★★★	★	○
<i>Centaurea scabiosa</i>	ja	★★	★	★	★★★★★	★★	○
<i>Echium vulgare</i>	ja	★★	★★	★★	★★★★★	★	○
<i>Hippocrepis comosa</i>	ja	★★	○	★★★★	★★★★	○	★★
<i>Leucanthemum vulgare</i>	ja	★	★	★	★★★★	○	○
<i>Lotus corniculatus</i>	ja	★★★	★	★★★★★	★★★★	○	★★★★
<i>Malva moschata</i>	ja	★	★	★★	★	○	○
<i>Melilotus albus</i>	ja	★	★	★	★★★★	○	○
<i>Onobrychis viciifolia</i>	ja	noch keine Angaben seitens Floretia					
<i>Origanum vulgare</i>	ja	★	★	★★	★	○	★★
<i>Plantago media</i>	ja	★	○	○	★	○	★
<i>Salvia pratensis</i>	ja	★	★	★	★★	○	★

4.2.5. Pflanzenauswahl

Die Pflanzen in Tabelle 4.5 werden gepflanzt. Es wird mit 13 Pflanzen pro Versuchsfeld gerechnet, was auf den Quadratmeter gerechnet 3,6 Pflanzen entspricht. Diese Anzahl wurde gewählt, um noch genug Platz für die Saat zu haben, jedoch auch, um die zukünftige Auswertung zu vereinfachen, da jede Art in einem Versuchsfeld einmal vorkommt. Es werden jeweils 48 Stück bestellt. Die Samenmischung wird aus den Arten in Tabelle 4.5 und Tabelle 4.6 erstellt. Pro Quadratmeter werden 0,5 g verwendet, was zu einer Bestellmenge von 87 g führt. Von jeder Art werden 2 g bestellt, jedoch von *Campanula rapunculoides*, *Daucus carota*, *Dianthus carthusianorum*, *Echium vulgare*, *Lotus corniculatus*, *Malva moschata*, *Medicago lupulina*, *Melilotus albus*, *Onobrychis viciifolia*, *Origanum vulgare*, *Salvia pratensis*, *Sanguisorba minor*, *Silene vulgaris* jeweils 3 g und von *Anthyllis vulneraria* 4 g.

4.2.6. Pflanzplan

In Abbildung 4.9a wird dargestellt, in welchem Abstand zueinander die Pflanzen zu stehen kommen. Die Versuchsfelder werden alle strikt nach dem in Abbildung 4.9b ersichtlichen Schema bepflanzt. Durch die festgelegten Pflanzpositionen lässt sich die zukünftige Auswertung erleichtern.

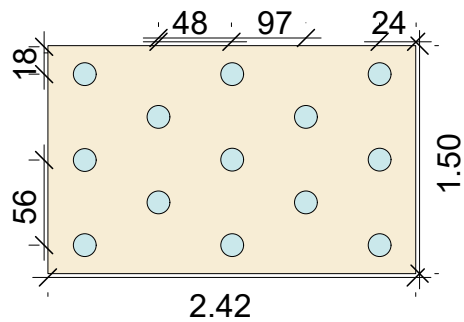
4.2.7. Diskussion

In dieser Planung konnte ein Versuchsaufbau mit verschiedenen aufgebauten, jedoch immer gleich grossen Versuchspartzen erarbeitet werden, der alle gesetzten Anforderungen erfüllt und der bezüglich der Substratkombinationen aussagekräftige und spannende Resultate ergeben kann. Im Folgenden werden noch weitere Aspekte dargelegt. Die Planung für eine Ausführung kann dem

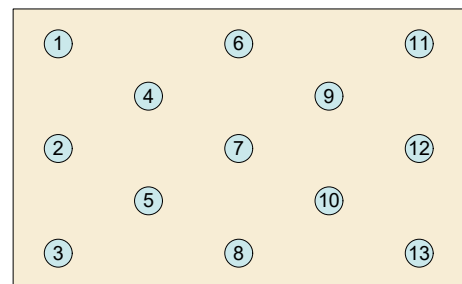
4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 4.6.: Samenmischung Versuchsfläche

Artname	Regional	Artenvielfalt	Vögel	Schmetterlinge	Wildbienen	Käfer	Fledermäuse
<i>Achillea millefolium</i>	ja	★★★	★	★	★★★★★	★★	★
<i>Allium lusitanicum</i>	nein	★	○	○	★★	○	○
<i>Arctium lappa</i>	ja	★	★	★	★★★	○	○
<i>Carduus defloratus</i>	ja	★	★	○	★★★	★	○
<i>Cichorium intybus</i>	ja	★	★	★	★★★★★	○	○
<i>Cirsium vulgare</i>	ja	★★	○	○	★★★★	★★	○
<i>Daucus carota</i>	ja	★	★	○	○	○	○
<i>Diantus carthusianorum</i>	ja	★	○	★	○	○	○
<i>Euphorbia verrucosa</i>	ja	★	○	○	○	○	○
<i>Fragaria vesca</i>	ja	★	○	★	○	★	○
<i>Hypericum perforatum</i>	ja	★★	★	○	★★	★	★★
<i>Isatis tinctoria</i>	ja	★	○	★	★★★	○	○
<i>Malva alcea</i>	ja	★	○	★	★	○	○
<i>Medicago lupulina</i>	ja	noch keine Angaben seitens Floretia					
<i>Potentilla argentea</i>	ja	★	○	★	★★	○	○
<i>Pulsatilla vulgaris</i>	ja	noch keine Angaben seitens Floretia					
<i>Reseda lutea</i>	ja	★	★	★	★★★	○	○
<i>Sanguisorba minor</i>	ja	★	○	○	○	○	○
<i>Scabiosa columbaria</i>	ja	★	★	○	★★★★	○	○
<i>Silene vulgaris</i>	ja	★	★	○	○	○	★★
<i>Thymus pulegioides</i>	ja	★	○	★	★	○	★
<i>Verbascum densiflorum</i>	ja	★★	★	○	★	★	★★
<i>Verbascum nigrum</i>	ja	★★	★	★★	★	★	★★



(a) Der Pflanzplan wird mit den Massangaben dargestellt. Die Masse links und oben verstehen sich in Zentimeter, während die Massangaben rechts und unten in Metern angegeben sind.



(b) Der Pflanzplan der Versuchsflächen. Diese Anordnung soll auf allen Flächen gleich sein, so lässt sich die zukünftige Auswertung erleichtern. Die Nummern korrespondieren mit Tabelle 4.7.

Abbildung 4.9.: Pflanzplan für alle Versuchspartzellen. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 4.7.: Nummern im Pflanzplan der Versuchsfläche, korrespondierend mit Abbildung 4.9b

Nr.	Artname	Nr.	Artname
1	<i>Plantago media</i>	8	<i>Leucanthemum vulgare</i>
2	<i>Lotus corniculatus</i>	9	<i>Onobrychis viciifolia</i>
3	<i>Origanum vulgare</i>	10	<i>Malva moschata</i>
4	<i>Melilotus albus</i>	11	<i>Hippocrepis comosa</i>
5	<i>Echium vulgare</i>	12	<i>Salvia pratensis</i>
6	<i>Centaurea scabiosa</i>	13	<i>Anthyllis vulneraria</i>
7	<i>Campanula rapunculoides</i>		

Anhang unter Abbildung C.5 entnommen werden. Die Beschreibung der jeweiligen Arbeitsschritte sind im Anhang unter Abbildung C.6 ersichtlich.

Materialberechnung Bei Wolle wird mit einem Auflockerungsfaktor von 1,6 gerechnet. Es ist wichtig, den Auflockerungsfaktor mit einzubeziehen, da das Material beim Einbau luftig ist und erst zusammenfällt, wenn es feucht und mit dem darüberliegenden Material beschwert wird. Damit das Material unter diesen Umständen die gewünschte Einbaustärke aufweist, muss also 60 % mehr davon aufgetragen werden. Es werden daher 27,9 m³ benötigt. Dies entspricht einem Gewicht von 436,5 kg

Bei Chinaschilf wird ebenfalls mit einem Auflockerungsfaktor von 1,6 gerechnet. Es werden rund 14 m³ Häcksel benötigt.

Für das Testsubstrat wird mit einem Auflockerungsfaktor von 1,15 gerechnet. Für die Berechnung müssen die Kontrollflächen mit und ohne Pflanzenkohle ebenfalls miteinbezogen werden. Insgesamt werden bei einem Einbau von 4 cm rund 14,5 m³ Testsubstrat benötigt, dies ergibt in 0,8 m³ fassenden Bigbags rund 19 Stück.

Die Pflanzenkohle wird vom Lieferanten zum Produzenten des Testsubstrates transportiert und dort vor Ort dem Testsubstrat in der gewünschten Quantität beigemischt. Danach wird das Substrat an den Verwendungsort geliefert. Die in Tabelle 4.3 aufgezeigte benötigte Menge Substrat + PK von 8,0316 m³ wird mit 0,8 multipliziert und mit 20 % Pflanzenkohle ergänzt. Es werden 1,61 m³ Pflanzenkohle benötigt.

Quadratmetergewicht Das durchschnittliche Quadratmetergewicht beträgt, wie in Tabelle 4.8 ersichtlich, 76,55 kg und erfüllt somit die Anforderungen.

Kosten Die Kosten für die Versuchsfläche werden in Tabelle 4.9 dargestellt. Die Totalkosten belaufen sich auf 7363 CHF, ohne die Kosten für die Ausführung zu berücksichtigen. Die detaillierte Aufstellung über die Pflanzenkosten kann dem Anhang unter Tabelle B.1 entnommen werden.

Quadratmeterpreis Die Versuchsfläche weist eine Gesamtfläche von 561,65 m² auf. Abzüglich der Wegflächen ergibt sich jedoch eine Fläche von 349,2 m². Beim genannten Kostentotal von 7363 CHF ergibt dies pro Quadratmeter einen durchschnittlichen Preis von 21,10 CHF.

Pflege Auf der Versuchsfläche soll keine Pflege vorgenommen werden. Die Fläche soll ausgewertet werden und daher ist jede Pflanze, auch ein invasiver Neophyt, von Interesse.

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 4.8.: Gewichtsdarstellung der Versuchsfläche. Alle Gewichtsangaben verstehen sich bei maximaler Wasserkapazität.

Material	Anzahl	Einheit
Substratkombinationen alle	11'122,4	kg
Kieswege	31'867,5	kg
Gewicht ganze Fläche	42'989,9	kg
Flächengrösse	561,65	m ²
Gewicht pro m ²	76,55	kg

Tabelle 4.9.: Kostenaufstellung der Versuchsfläche. EP: Einheitspreis.

Material	Bedarf	Einheit	Preis [CHF]/Einheit	Kosten [CHF]
Wolle	436,5	kg	0,55	240
Chinaschilf	14	m ³	65	910
Transport Chinaschilf	1	EP	550	550
Pflanzenkohle	1,6	m ³	625	1000
Substrat	19	Bigbag	60	1140
Pflanzen				3108
Samen				415
Totalkosten Versuchsfläche:				7363

Fragestellungen für zukünftige Auswertung In einer zukünftigen Auswertung können verschiedene Sachverhalte untersucht werden. Mit dem in dieser Arbeit beschriebenen Versuchsaufbau wird die Basis für diese zukünftigen Auswertungen gelegt. An diesen Auswertungen sind verschiedene Parteien interessiert:

- Die ZHAW IUNR mit der Gruppe Urbanes Ökosystem Design, die diese Bachelorarbeit ermöglicht hat.
- Das SRF, einerseits die Mission B als Auftragsgeberin, die die Biodiversität fördern will und andererseits das Streben des SRF nach der Zertifizierung des Labels Natur & Wirtschaft.
- Ricoter als Hersteller und Sponsor des Testsubstrats, mit der Fragestellung, wie sich Pflanzen mit diesem neu entwickelten Substrat unter extensiven Bedingungen entwickeln und verhalten.

Diese Parteien sind vor allem daran interessiert, wie sich die verschiedenen Substratkombinationen mit und ohne Pflanzenkohle mit Begrünung an diesem Standort über längere Zeit verhalten. Die Auswertung könnte in Form von studentischen Arbeiten durchgeführt werden. Die Auswertung sollte so erfolgen, dass die Biomasse oder andere Teile der Dachbegrünung nicht zerstört werden. Die folgenden Fragen sind daher nicht invasiver Natur.

Folgende Fragen könnten zusätzlich untersucht werden:

- Hat Pflanzenkohle einen Einfluss auf das Pflanzenwachstum? Lässt sich zwischen den Flächen ohne und mit Pflanzenkohle ein Unterschied im Bewuchs feststellen?
- Funktioniert die Begrünung auf den Kontrollflächen?
- Welche Kombination weist nach einem Standjahr den höchsten Deckungsgrad auf?
- Welche Kombination weist nach mehreren Standjahren den höchsten Deckungsgrad auf?
- Lässt sich zwischen Wolle und Schilf ein Unterschied feststellen?

- Welche Schichtstärke von Wolle und Schilf ist am erfolgreichsten?
- Welche Kombination weist die grössten oder vitalsten Pflanzen auf?
- Welche Kombination weist Schädlinge an den Pflanzen auf?
- Welche Kombination begrünt am schnellsten?
- Welche Kombination weist nach mehreren Standjahren die höchste Artenvielfalt auf?
- In welcher Kombination überdauern die ursprünglichen Arten am erfolgreichsten?
- Welche Arten dominieren in den einzelnen Flächen?
- Welche Arten sind in allen Flächen dominant?
- Bei welcher Kombination siedeln sich andere Arten (ohne invasive Neophyten) am schnellsten an?
- Bei welcher Kombination siedeln sich invasive Neophyten am schnellsten an?
- Bei welcher Kombination hat es nach mehreren Standjahren am meisten Fremdbewuchs?
- In welchem Zeitraum begrünen sich die ursprünglich nicht begrüntten Parzellen?
- Lässt sich in der Zeitdauer einer Begrünung der ursprünglich nicht begrüntten Arten zwischen den Substratkombinationen ein Unterschied feststellen?
- Welche Arten finden sich in den ursprünglich nicht begrüntten Zellen?
- Welchen pH-Wert weisen die verschiedenen Kombinationen auf und wie verändert er sich?

4.3. Aufbau naturnahe Fläche

Naturnah gestaltete Flächen können sehr wertvoll sein. Gemäss dem Leitfaden Unternehmen Natur [47] sollen vor allem natürliche und ökologische Kreisläufe zugelassen werden, heimische und standortgerechte Pflanzen und Materialien verwendet werden, Lebensräume für heimische Tierarten geschaffen werden und auf Dünger oder Pestizide verzichtet werden. All dies wird in der weiteren Planung berücksichtigt.

4.3.1. Aufbau und Gestaltung

Für die naturnahe Fläche wird ein Aufbau aus Wolle mit einer Schichtstärke von 7 cm erstellt. Darauf erfolgt ein Aufbau aus gebrochenem Feldstein mit einem Anteil von 20 % Pflanzenkohle. Um die Arbeit auf dem Dach zu erleichtern, wird von einem Plan, der sagt, wo wieviel Substrat eingebaut werden soll abgesehen und von einem Durchschnittswert von 12 cm ausgegangen. Dies ergibt bei maximaler Wasserkapazität ein Gewicht von 123,5 kg/m². Dadurch, dass das Substrat nicht nivelliert eingebaut wird, sondern eine natürliche Topographie aufweisen soll, kann dieser Wert von 12 cm überschritten werden. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Einbaustärke von 14,6 cm nicht überschritten wird, da das Gewicht bei maximaler Wasserkapazität dann bei 150 kg/m² liegt.

4.3.2. Begrünungsmethode

Die naturnahe Fläche wird wie die Versuchsfläche in einer Kombination von Bepflanzung und Ansaat begrünt. Einerseits, um eine sofortige visuelle Wirkung zu erzielen, andererseits, um der heimischen Fauna im ersten Standjahr bereits Nahrungsgrundlage zu bieten. Entgegen der Richtlinien der FLL [10] wird aufgrund des Budgets auf 16 Pflanzen pro Quadratmeter verzichtet und nur mit 2,5 Pflanzen pro Quadratmeter gearbeitet, was multipliziert mit der Gesamtfläche von 173,025 m² eine Stückzahl von 432 Pflanzen ergibt. Diese werden ohne Pflanzplan gepflanzt. Zusätzlich wird auf die ganze Fläche mit 0,5 g Samen pro Quadratmeter gerechnet, was eine gerundete Gesamtmenge von 86 g ergibt.

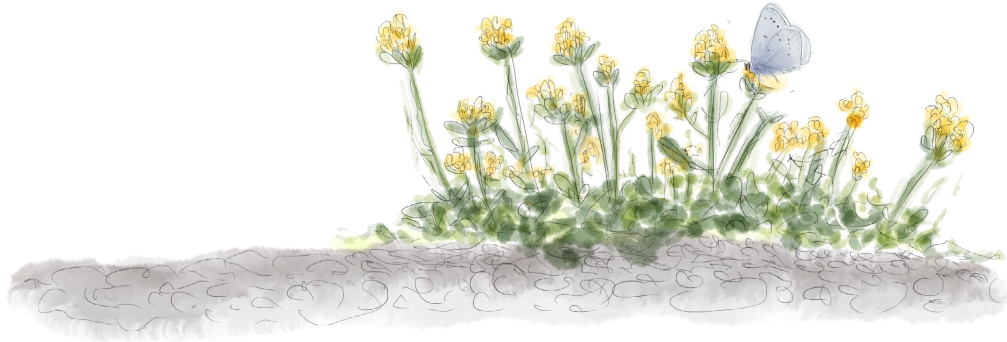


Abbildung 4.10.: Regionale Pflanzenauswahl fördert regionale Fauna. Hier Wundklee, *Anthyllis vulneraria* mit Zwergbläuling, *Cupido minimus*. (Zeichnung: Meister, K., 2019)

4.3.3. Pflanzenauswahl

Die Pflanzenauswahl erfolgte wie bei der Versuchsfläche, ersichtlich unter Abschnitt 4.2.5. Es konnten aber mehr Pflanzen in die Auswahl genommen werden, da diese Fläche nicht ausgewertet wird und daher keine strikte Bepflanzung aufweisen muss. Die Arten, die in der Versuchsfläche verwendet werden, werden durch weitere Arten ergänzt. Die Arten in Tabelle 4.10 werden gepflanzt. *Allium lusitanicum* wird zwölfmal verwendet, während alle anderen vierzehnmal verwendet werden. Zusätzlich zu den genannten Arten werden die Arten aus Tabelle 4.11 in der Samenmischung vertreten sein.

Von allen Arten werden 2 Gramm bestellt, ausser bei *Anthyllis vulneraria*, *Dianthus carthusianorum*, *Hippocrepis comosa*, *Melilotus albus*, *Onobrychis viciifolia*, *Salvia pratensis*, *Scabiosa columbaria* und *Silene vulgaris*, von denen je 3 Gramm bestellt werden. Zusätzlich werden von folgenden Arten 5 Gramm bestellt: *Echium vulgare* und *Medicago lupulina*.

4.3.4. Strukturen

Verschiedene Strukturen können das Lebensraumangebot für verschiedene Arten der Fauna vergrössern und verbessern [12]. Deshalb werden möglichst viele verschiedene Strukturen auf der Dachfläche realisiert.

Topografie mit unterschiedlichem Substrataufbau Durch verschiedene Einbaustärken soll eine natürliche Topografie mit unterschiedlichen Niveauhöhen entstehen. Diese Niveauunterschiede sind vor allem im Sommer bei grosser Hitze und Trockenheit wertvoll. Während Senken mit geringer Substrathöhe trockenfallen, ist an Orten mit maximaler Substrathöhe noch länger Feuchtigkeit vorhanden. Dorthin werden sich Kleinstlebewesen zurückziehen können [48]. Durch die Maximierung der Einbaustärke auf 14,6 cm wird die Dachlast eingehalten.

Totholz Tote Baumstämme können von Wildbienen als Nisthilfe genutzt werden. Vorteilhaft sind bereits vorhandene Gänge holzbohrender Insekten. Das Totholz sollte teilweise entrindet, gut abgelagert und trocken sein. Es ist hartes Laubholz zu verwenden. Weiches Laubholz neigt zur

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 4.10.: Pflanzenauswahl der naturnahen Fläche

Artname	Regional	Artenvielfalt	Vögel	Schmetterlinge	Wildbienen	Käfer	Fledermäuse
<i>Allium lusitanicum</i>	nein	★	○	○	★★	○	○
<i>Anthyllis vulneraria</i>	ja	noch keine Angaben seitens Floretia					
<i>Campanula rapunculoides</i>	ja	★	★	○	★★★★	○	○
<i>Carduus defloratus</i>	ja	★	★	○	★★★	★	○
<i>Centaurea scabiosa</i>	ja	★★	★	★	★★★★★	★★	○
<i>Cichorium intybus</i>	ja	★	★	★	★★★★★	○	○
<i>Cirsium vulgare</i>	ja	★★	○	○	★★★★	★★	○
<i>Diantus carthusianorum</i>	ja	★	○	★	○	○	○
<i>Echium vulgare</i>	ja	★★	★★	★★	★★★★★	★	○
<i>Fragaria vesca</i>	ja	★	○	★	○	★	○
<i>Hippocrepis comosa</i>	ja	★★	○	★★★★	★★★★	○	★★
<i>Hypericum perforatum</i>	ja	★★	★	○	★★	★	★★
<i>Isatis tinctoria</i>	ja	★	○	★	★★★	○	○
<i>Leucanthemum vulgare</i>	ja	★	★	★	★★★	○	○
<i>Lotus corniculatus</i>	ja	★★★	★	★★★★★	★★★★	○	★★★★
<i>Malva alcea</i>	ja	★	○	★	★	○	○
<i>Malva moschata</i>	ja	★	★	★★	★	○	○
<i>Melilotus albus</i>	ja	★	★	★	★★★★	○	○
<i>Onobrychis viciifolia</i>	ja	keine Angaben seitens Floretia					
<i>Origanum vulgare</i>	ja	★	★	★★	★	○	★★
<i>Plantago media</i>	ja	★	○	○	★	○	★
<i>Potentilla argentea</i>	ja	★	○	★	★★	○	○
<i>Pulsatilla vulgaris</i>	ja	keine Angaben seitens Floretia					
<i>Reseda lutea</i>	ja	★	★	★	★★★	○	○
<i>Salvia pratensis</i>	ja	★	★	★	★★	○	★
<i>Sanguisorba minor</i>	ja	★	○	○	○	○	○
<i>Scabiosa columbaria</i>	ja	★	★	★	★★★★	○	○
<i>Silene vulgaris</i>	ja	★	★	○	○	○	★★
<i>Thymus pulegioides</i>	ja	★	○	★	★	○	★
<i>Verbascum densiflorum</i>	ja	★★	★	○	★	★	★★
<i>Verbascum nigrum</i>	ja	★★	★	★★	★	★	★★

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 4.11.: Samenmischung der naturnahen Fläche

Artname	Regional	Artenvielfalt	Vögel	Schmetterlinge	Wildbienen	Käfer	Fledermäuse
<i>Achillea millefolium</i>	ja	★★★	★	★	★★★★★	★★	★
<i>Arctium lappa</i>	ja	★	★	★	★★★	○	○
<i>Daucus carota</i>	ja	★	★	○	○	○	○
<i>Euphorbia verrucosa</i>	ja	★	○	○	○	○	○
<i>Medicago lupulina</i>	ja	noch keine Angaben seitens Floretia					



Abbildung 4.11.: Hausrotschwanz auf einer Sitzwarte aus Totholz (Zeichnung: Meister, K., 2020)

Aufstellung der Fasern bei Feuchtigkeit, was die Flügel der Bienen verletzen könnte. Nadelholz ist aufgrund der Harzbildung ungeeignet. Geeignete Hölzer sind: Holunder, Ulme, Ahorn, Walnuss, Esche, Birke, Kastanie, Eiche, Rotbuche und Hainbuche [49]. Falls Bohrlöcher angebracht werden, empfehlen sich Löcher mit einem Durchmesser von 3 mm bis 10 mm. Die Hälfte der Löcher sollte einen Durchmesser von 4 mm bis 7 mm aufweisen. Zwischen den Löchern sollte ein Mindestabstand von 2 cm eingehalten werden. Die Tiefe der Löcher entspricht dem, was das Maximum der Bohrerlänge ermöglicht (mündliche Mitteilung P. Heller, 30. September 2019). Die Bohrung sollte quer zur Maserung erfolgen [50].

Auch Asthaufen stellen wertvolle Strukturen dar. Die Äste dürfen jedoch nicht zu dünn sein, damit sie von Vögeln als Sitzwarte genutzt werden können und von Insekten und Käfern besiedelt werden. In Abbildung 4.11 wird der Nutzen für Vögel anhand eines Hausrotschwanzes dargestellt.

Die Errichtung dieser Strukturen erfolgt auf den Betonelementen mit erhöhter Traglast. An zwei Orten werden Stücke von Baumstämmen mit 15 cm–20 cm Durchmesser aufeinandergestapelt. Dazu werden immer zwei in der gleichen Richtung, kreuzweise aufgeschichtet. An einem dritten Ort wird ein Asthaufen aus armdicken Ästen errichtet.

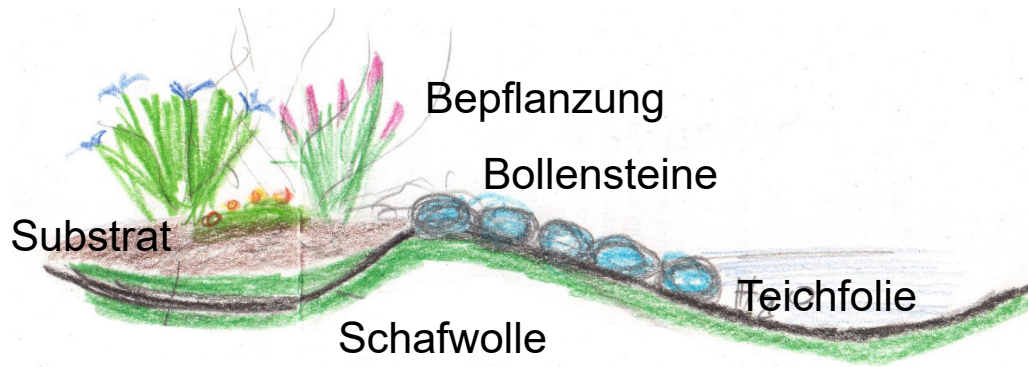


Abbildung 4.12.: Handskizze der temporären Wasserfläche (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

Tabelle 4.12.: Bepflanzung des Teichrandes

Artname	Regional	Artenvielfalt	Vögel	Schmetterlinge	Wildbienen	Fledermäuse
<i>Euphorbia palustris</i>	ja	★	○	○	○	○
<i>Iris pseudacorus</i>	ja	★	○	○	○	○
<i>Iris sibirica</i>	ja	★	○	○	○	○
<i>Lysimachia nummularia</i>	ja	★	○	○	★	○
<i>Lythrum salicaria</i>	ja	★★	★	★★	★★★★	★
<i>Potentilla palustris</i>	ja	★	○	★	★★	○

Wasser Temporäre Wasserflächen dienen verschiedenen Insekten und Vögeln als Tränke. Sie können durch das Substrat ausgebildet oder aber bei Bedarf mit Teichfolie abgedichtet werden (mündliche Mitteilung R. Schneider, 9. März 2020). Alternativ können auch Steine mit Vertiefungen verwendet werden, um der Fauna eine Trink- und Badestelle zu schaffen. Es bietet sich an, Steine mit natürlichen oder bearbeiteten Vertiefungen zu verwenden. Das Wasserangebot ist wetterabhängig.

Die Errichtung erfolgt nahe der südlichen Fassade, um die Wasserfläche möglichst im Schatten zu halten. Die Dimensionen belaufen sich auf eine Länge von 184 cm und auf eine Breite von 130 cm sowie eine Maximaltiefe von 20 cm. Dadurch ergibt sich ein Gewicht von 127,3 kg/m². Der Unterbau erfolgt mit Schafwolle und Rundkies in Abstufungen, so dass eine natürliche Gestaltung entsteht und die Teichfolie nicht verletzt wird. Die Teichfolie wird über das Substrat reichend eingebaut und im Randbereich mit kleineren Bollensteinen fixiert. Der Aufbau wird in Abbildung 4.12 ersichtlich.

Zusätzlich wird der Randbereich zur offenen Dachfläche hin mit je 3 Exemplaren der Pflanzen in Tabelle 4.12 begrünt.

Wildbienensand Sandhaufen aus Wildbienensand können von bodenbrütenden Wildbienen als Nisthilfe genutzt werden. Alternativ funktionieren auch Sand- oder Lehmlinsen (mündliche Mitteilung P. Heller, 26. März 2019). Beide müssen eine Mindesteinbaustärke von 20 cm aufweisen und an einem besonnten Ort auf dem Dach platziert werden. Bevorzugt wird feiner, ungewaschener Sand, welcher einen Anteil an Lehm enthält [26].

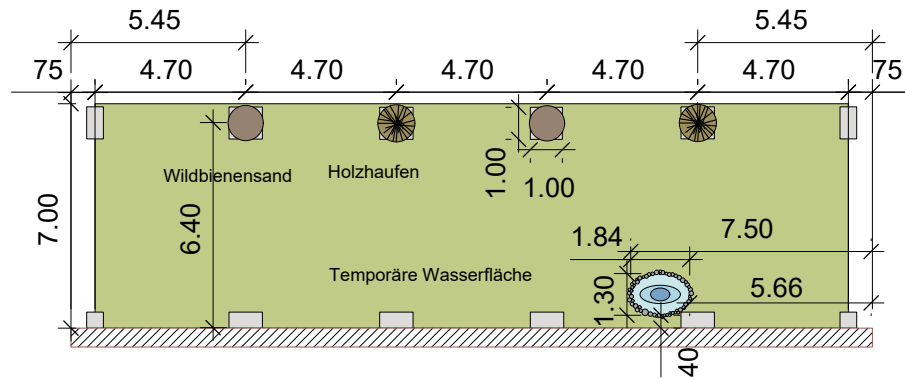


Abbildung 4.13.: Der grosse Teil der naturnahen Fläche wird vermasst dargestellt. Ersichtlich ist auch die Platzierung der verschiedenen Strukturen, wie Wildbienenstand, Holzhaufen und die temporäre Wasserfläche. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

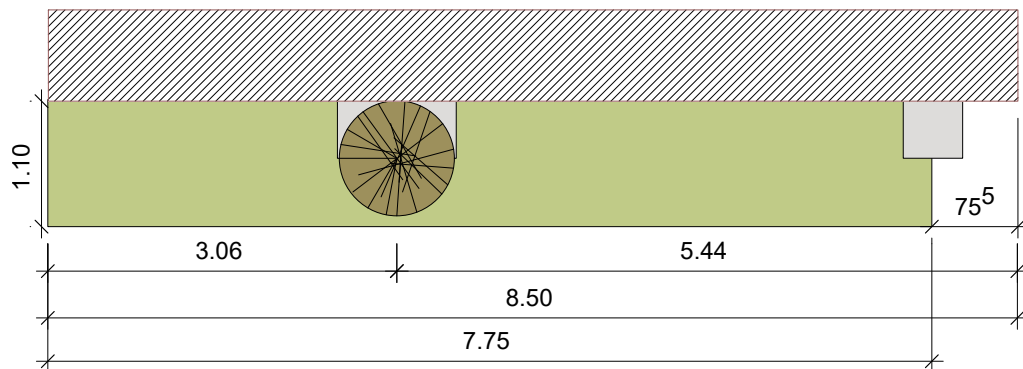


Abbildung 4.14.: Der kleine Teil der naturnahen Fläche wird vermasst dargestellt. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

Die Errichtung dieser Struktur erfolgt auf den Punkten mit erhöhter Traglast. Das Flächenmass beträgt einen Quadratmeter mit einer Einbaustärke von 25 cm. Dies ergibt bei maximaler Wasserkapazität ein Gewicht von 478 kg/m^2 , wenn ein Unterbau mit 7 cm Schafwolle erfolgt.

Die Vermassung der naturnahen Fläche und die Verortung der Strukturen wird in Abbildung 4.13 und Abbildung 4.14 dargestellt.

4.3.5. Diskussion

In dieser Planung konnten alle Anforderungen erfüllt werden. Es werden natürliche und ökologische Kreisläufe berücksichtigt, heimische und standortgerechte Pflanzen und Materialien verwendet und Lebensräume für heimische Fauna geschaffen. Des Weiteren wird für den Unterhalt dieser Fläche kein Dünger oder Pestizid benötigt. Im Folgenden werden noch weitere Aspekte dargelegt. Die Planung für eine Ausführung kann dem Anhang unter Abbildung C.5 entnommen werden. Die Beschreibung der jeweiligen Arbeitsschritte sind im Anhang unter Abbildung C.6 ersichtlich.

Materialberechnung Aufgrund der in Abschnitt 4.2.2 angesprochenen Veränderungen gibt es auch auf der naturnahen Fläche Planänderungen. Der Einbau von Substrat wird nicht ausgeführt.

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 4.13.: Gewichtsdarstellung der naturnahen Fläche. Alle Gewichtsangaben verstehen sich bei maximaler Wasserkapazität. Die Strukturen, die auf den Punkten mit erhöhter Dachlast errichtet werden, werden hier nicht berücksichtigt.

Material	Anzahl	Einheit
Wolle	571	kg
Kies	24'224,2	kg
Wasserfläche	203,3	kg
Gewicht ganze Fläche	24'998,5	kg
Flächengrösse	173,03	m ²
Gewicht pro m ²	144,5	kg

Tabelle 4.14.: Kostenaufstellung der naturnahen Fläche. EP: Einheitspreis.

Material	Bedarf	Einheit	Preis [CHF]/Einheit	Kosten [CHF]
Wolle	433	kg	0,55	238
Holz	1	EP	370	370
Teichfolie	4,5	m ²	15	67,5
Wildbienensand	0,5	m ³	64,20	32,10
Pflanzen				2463,3
Totalkosten naturnahe Fläche:				3171

Stattdessen wird die Einbaustärke der Wolle von 7 cm auf 10 cm erhöht und anschliessend mit 7 cm bereits auf dem Dach vorhandenem Kies abgedeckt. Die Pflanzung wird durchgeführt, nicht jedoch die Saat. Stattdessen wird die Anzahl der Pflanzen auf 3,18 pro Quadratmeter erhöht, was eine Anzahl von 550 Pflanzen ergibt. Die Bepflanzung des Randes der temporären Wasserfläche wird weggelassen, da mit dem Kies nicht genug Wasser zurückgehalten werden kann, um diesen Pflanzen einen geeigneten Standort zu bieten. Die nachfolgenden Punkte wurden an das neue Szenario angepasst.

Für die Wolle ergibt sich bei einem Aufbau von 10 cm eine Bestellmenge von 27,7 m³. Dies entspricht einem Gewicht von 433 kg. Der Kies ist bereits vor Ort vorhanden und muss daher nicht berechnet werden.

Quadratmetergewicht Das durchschnittliche Quadratmetergewicht beträgt, wie unter Tabelle 4.13 ersichtlich, 144,5 kg und erfüllt somit die Anforderungen.

Kosten Die Kosten für die naturnahe Fläche werden in Tabelle 4.14 dargestellt. Die Totalkosten belaufen sich auf 3171 CHF, ohne die Kosten für die Ausführung zu berücksichtigen. Eine detaillierte Aufstellung über die Pflanzenkosten kann dem Anhang unter Tabelle B.2 entnommen werden, diese zeigt jedoch die alte Pflanzen- und Samenzusammenstellung. Für die neue Planungsvariante wird keine Aufstellung erarbeitet, es veränderte sich nur die Anzahl der bestellten Pflanzen. In Tabelle 4.14 wird jedoch der Preis der aktuellen Variante dargestellt.

Quadratmeterpreis Die naturnahe Fläche weist eine Gesamtfläche von 173 m² auf. Das Kostentotal der Planung beträgt 3171 CHF. Dies ergibt pro Quadratmeter einen durchschnittlichen Preis von 18,35 CHF.

Pflege Die Pflege ist minimal zu halten. Die Arbeit auf dem Dach ist nur von geschulten Fachpersonen durchzuführen, die mit dem Aufbau der Begrünung bekannt sind und ausreichend Pflanzenkenntnisse besitzen. Pflegearbeiten sind unter anderem die ein- bis zweimal pro Jahr anfallende Sichtkontrolle der Randbereiche, der Entwässerung sowie der Vegetation auf invasive Neophyten und unerwünschte Gehölze und Arten [51, 52]. Anders als in der Versuchsfläche dürfen hier unerwünschte Arten entfernt werden, da die Fläche nicht ausgewertet wird. Zudem sollten Strukturelemente alle paar Jahre von überwachsener Vegetation befreit werden.

Die Vegetation wird möglichst nicht geschnitten. Gemäht wird nur, wenn zu viel Biomasse entsteht. Tritt dieser Fall ein, wird eine alternierende Streifenmäh mit der Sense empfohlen, bei der niemals die ganze Fläche gemäht wird. Wichtig ist, dass jene Pflanzen, die Insekten und Vögeln als Strukturelemente, Sitzwarte, Nistmöglichkeit oder Nahrungsquelle dienen, stehengelassen werden, respektive geschnitten aber nicht abgeführt werden. Bei der Wahl des Schnittzeitpunkts ist zu beachten, dass die Pflanzen bereits versamen konnten.

4.4. Aufbau Fassadenbegrünung

Die Fassadenbegrünung kann auf Grundlage der vorhandenen finanziellen Mittel nicht erstellt werden. Da der Aufbau hinter dem Trapezblech nicht genau bekannt ist, müsste erst eine Sondierungsbohrung vorgenommen werden, um die Details zu eruieren. Zudem müsste aufgrund der verminderten Tragfähigkeit der Trapezbleche das Klettergerüst in der Stahlunterkonstruktion verankert werden, wie bereits in Abschnitt 3.2.2 erwähnt. Im Weiteren wird aber doch beschrieben, was geplant wurde, sowie eine Alternative aufgezeigt.

4.4.1. Klettergerüst

Das Klettergerüst wird aus Stahlseilen erstellt, die einen Durchmesser von 4 mm aufweisen [53]. Die Fassade wird auf der ganzen Breite mit vertikalen Stahlseilen versehen. Die horizontalen Kletterhilfen werden aufgrund der Pflanzenauswahl, die unter Abschnitt 4.4.3 ersichtlich wird, nur bis 5 m montiert. Weiter oben genügen vertikale Kletterhilfen.

4.4.2. Pflanzgefässe

Als Pflanzgefässe werden zwei aufeinandergestellte Palettenfaltrahmen mit dem Ausmass 80 cm × 60 cm × 20 cm verwendet. Dies ergibt eine Flächengrösse von 0,48 m². Die sind kostengünstiger als Tongefässe, nachhaltig, da aus Holz hergestellt, und somit auch frostsicher. Aufgrund der Breite der Fassade wird von sieben Gefässen ausgegangen, mit einem Zwischenabstand von 1,5 m, um die Zugänglichkeit für die zukünftige Pflege der Fassadenbegrünung zu gewährleisten. Es wird mit 10 cm Schafwolle ein Unterbau erstellt und mit 28 cm Dachgartensubstrat ergänzt.

4.4.3. Pflanzenauswahl

Für die Fassadenbegrünung werden die in Tabelle 4.15 dargestellten Pflanzen verwendet.

4. Ergebnisse und Diskussion



Abbildung 4.15.: Handskizze der Fassadenbegrünung (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

Tabelle 4.15.: Bepflanzung der Fassade

Kletterform	Artname	Wuchshöhe [m]	Artenvielfalt	Vögel	Schmetterlinge	Wildbienen	Fledermäuse
Schlinger/Winder	<i>Humulus lupulus</i>	8	★	★★	★★	○	★★
	<i>Lonicera peryclimenum</i>	5	★	★	○	★	★★
Blattstielranker	<i>Bryonia dioica</i>	4	keine Angaben seitens Floretia				
	<i>Clematis alpina</i>	3	★	○	○	○	○
	<i>Vicia dumetorum</i>	2	★★	★	★★	★★★★	○
	<i>Vicia cracca</i>	1,2	★★	★	★★	★★★★	○
	<i>Lathyrus pratensis</i>	1	★	★	★	★★★★	○



Abbildung 4.16.: Handskizze der bepflanzten Palettenfaltrahmen, links der kleine mit dem Ausmass von $0,8\text{ m} \times 0,6\text{ m} \times 0,4\text{ m}$ und rechts der grosse mit einem Ausmass von $1,2\text{ m} \times 0,8\text{ m} \times 0,4\text{ m}$. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

Diese Pflanzen sind alle heimisch und bilden Blüten, die die lokale Fauna unterstützen können. Die Schlinger/Winder benötigen vertikale Kletterstrukturen, während die Blattstielranker neben vertikalen auch horizontale Rankengerüste benötigen. Für die Fassadenbegrünung wird kein Pflanzplan erstellt, da die Ausführung nicht stattfinden kann. Für die Unterpflanzung wurde eine Ansaat mit der selben Mischung wie in der naturnahen Fläche vorgesehen.

4.5. Alternative für die Fassadenbegrünung

Da die Fassade, wie oben erwähnt, im Rahmen des Budgets so nicht ausgeführt werden kann, musste eine Alternative erarbeitet werden. Dafür werden die Palettenfaltrahmen weiterverwendet. Zusätzlich werden 6 weitere zu je zwei aufeinandergestellten Palettenfaltrahmen mit dem Ausmass $120\text{ cm} \times 60\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ verwendet. Diese werden aufgrund ihres Gewichtes jedoch auf den in Abschnitt 3.2.1 erwähnten Punkten mit erhöhter Tragfähigkeit platziert. Die Palettenfaltrahmen werden neu als Hecke mit einer Staudenunterpflanzung geplant, wie in Abbildung 4.16 dargestellt.

4.5.1. Aufbau Alternative

In die kleinen Palettenfaltrahmen wird je ein Gehölz gepflanzt, während in die grossen immer zwei Gehölze gepflanzt werden. Die Stückzahl der Stauden beläuft sich in den kleinen Gefässen auf 8 und in den grossen auf 16.

4.5.2. Verortung Pflanzgefässe

Die Pflanzgefässe werden auf der in Abbildung 4.4 dargestellten Fläche verortet. Die Anordnung erfolgt wie in Abbildung 4.17 dargestellt.

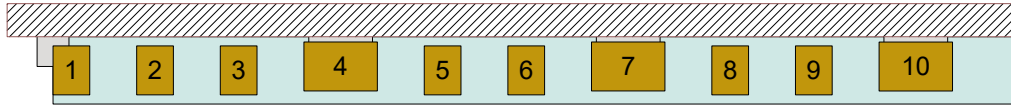


Abbildung 4.17.: Anordnung der Pflanzgefässe. Nummer 4, 7 und 10 stellen grosse Palettenfaltrahmen dar, während die restlichen Nummern kleine Palettenfaltrahmen symbolisieren. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

Tabelle 4.16.: Gehölzbepflanzung der Hecke

Kiermeier	Artname	Regional	Artenvielfalt	Vögel	Wildbienen	Käfer	Fledermäuse
6.3.3.5	<i>Amelanchier ovalis</i>	ja	★	★★	○	○	○
9.1.3.5	<i>Berberis vulgaris</i>	ja	★★	★★	★★	○	★★
6.1.2.5	<i>Hippocrepis emerus</i>	ja	★	★	★★★	○	○
6.1.3.5	<i>Rosa corymbifera</i>	ja	★★	★★	★	★★★★	○
6.1.3.5	<i>Rosa glauca</i>	ja	★★	★★	★	★★★★	○

4.5.3. Pflanzenauswahl

Die Gehölzauswahl wurde aufgrund der Standortbedingungen (sonnig und trocken) mittels der iGarten-App [43] sowie nach der Eignung einer Verwendung auf dem Dach getroffen. Zusätzlich wurden Kiermeier [54] sowie Info Flora [45] zu Rate gezogen, um zu überprüfen, ob die gewählten Arten in der Region heimisch sind. Floretia [46] wurde konsultiert, um den ökologischen Wert der Pflanzen darzustellen. Nach den Richtlinien der FLL [10] sollen die Gehölze aus Keimlingen gezogen werden, also wurzelecht sein und als Jungpflanzen verwendet werden. Die fünf Gehölze in Tabelle 4.16 werden berücksichtigt.

Die Staudenauswahl wurde an die Lebensräume der Schweiz angelehnt [55]. Der gewählte Lebensraum entspricht dem Trockenwarmen Krautsaum *Geranion sanguinei*, der in Abbildung 4.18 dargestellt wird. Diese Pflanzengesellschaft kommt mit Trockenheit zurecht und bietet blütenbestäubenden Insekten bis in den Herbst hinein vielfältige Ressourcen. Natürlicherweise kommt die Saumvegetation an steinigen Orten mit lückigem Waldbestand vor [55]. Deshalb ist der Standort in den Palettenfaltrahmen mit Gehölzbegleitung ideal. Zusätzlich wurde bei der Staudenauswahl nach den Angaben von Info Flora [45] darauf geachtet, dass die einzelnen Arten in der Region vorkommen. Zusätzlich wurde überprüft, ob die Stauden beim Bezugsort angeboten werden. Mittels Floretia [46] wurde der ökologische Wert ermittelt.

Die Arten in Tabelle 4.17 werden angepflanzt.

4.5.4. Pflanzplan und -liste

Die Bepflanzung der Palettenfaltrahmen erfolgt wie in Abbildung 4.19 dargestellt. In Abbildung 4.20 werden die Standorte der Palettenfaltrahmen vermasst dargestellt. Die Pflanzen werden so auf die Palettenfaltrahmen verteilt, dass in jedem Rahmen jede Art nur einmal vorkommt. Dazu wurde für jeden Palettenfaltrahmen ein Pflanzplan erstellt. Diese sind unter Abbildung 4.21 ersichtlich. Die Nummer jedes Planes entspricht der Reihenfolge auf dem Dach, vom Dachrand her zur Dachmitte

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 4.17.: Staudenbepflanzung der Hecke

Artname	Regional	Artenvielfalt	Vögel	Schmetterlinge	Wildbienen	Käfer	Fledermäuse
<i>Anemone sylvestris</i>	nein	★	○	○	○	○	○
<i>Anthericum ramosum</i>	ja	★	○	○	○	○	○
<i>Artemisia vulgaris</i>	ja	★	○	○	○	○	★
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	ja	★	○	★	★★	○	○
<i>Bupthalmum salicifolium</i>	ja	★	★	○	★★★★	○	○
<i>Pastinaca sativa</i>	ja	★	★	○	★★★★	★	○
<i>Campanula rapunculoides</i>	ja	★	★	○	★★★★	○	○
<i>Carex caryophyllacea</i>	ja	★	○	○	○	○	○
<i>Clematis recta</i>	nein	★	○	○	○	★	○
<i>Coronilla coronata</i>	nein	★	○	★	★★	○	○
<i>Cytisus nigricans</i>	ja	★	○	○	★	★	○
<i>Genista tinctoria</i>	ja	★	○	○	★	★	★
<i>Geranium sanguineum</i>	ja	★	○	★	★	○	○
<i>Inula conyzae</i>	ja	★	★	★	★★★★	○	○
<i>Lactuca perennis</i>	ja	★	○	○	★	○	★
<i>Medicago falcata</i>	ja	★	○	★	★★★★	○	○
<i>Ononis spinosa</i>	ja	★	○	★	★★★★	○	★
<i>Peucedanum cervaria</i>	ja	★★	★	★	★★★★	★	★
<i>Polygonatum odoratum</i>	ja	★	○	○	○	○	○
<i>Silene nutans</i>	ja	★	○	○	○	○	○
<i>Teucrium chamaedrys</i>	ja	★	★	★	★★★★	○	○
<i>Thalictrum minus</i>	ja	★	○	○	○	○	○
<i>Trifolium rubens</i>	ja	★	★	○	★★★★	○	○
<i>Verbascum lychnitis</i>	ja	★★	★	○	★	★	★★
<i>Veronica teucrium</i>	ja	★	○	★	★★	○	○
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	ja	★	★	○	○	○	○



Abbildung 4.18.: Darstellung des Lebensraumtyps *Geranium sanguinei* (Zeichnung: Meister, K., 2020)

und dem Schild, wie unter Abbildung 4.17 ersichtlich. Die Ziffern in den Plänen entsprechen der in Tabelle 4.18 aufgeführten Nummern.

4.5.5. Diskussion

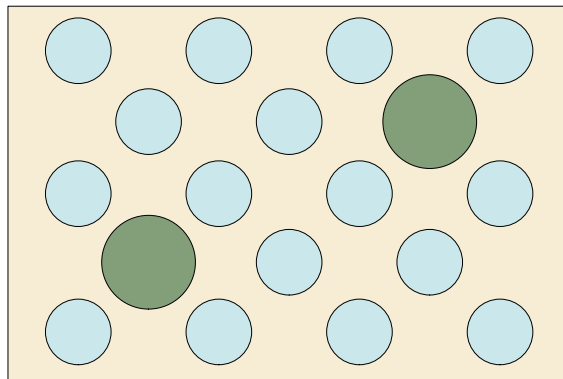
In der Planung für eine Alternative der Fassadenbegrünung konnten alle Anforderungen erfüllt werden. Im Folgenden werden noch weitere Aspekte dargelegt. Die Planung für eine Ausführung kann dem Anhang unter Abbildung C.5 entnommen werden. Die Beschreibung der jeweiligen Arbeitsschritte sind im Anhang unter Abbildung C.6 ersichtlich.

Materialberechnung Für die Wolle ergibt sich für die 7 kleinen Palettenfaltrahmen eine Bestellmenge von $0,5375 \text{ m}^3$ und für die 3 grossen 1 m^3 . Insgesamt also $1,5375 \text{ m}^3$, was einem Gewicht von 24 kg entspricht. Für die Dachgartenerde wird mit einem Auflockerungsfaktor von 1,15 gerechnet, was eine Bestellmenge von $1,08 \text{ m}^3$ für die kleinen Palettenfaltrahmen und $0,92 \text{ m}^3$ für die grossen ergibt. Total also 2 m^3 .

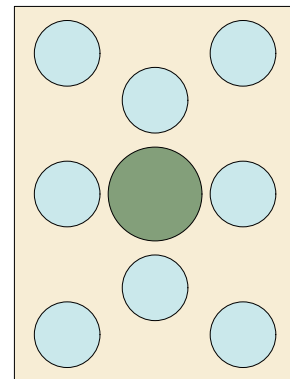
Quadratmetergewicht Das durchschnittliche Quadratmetergewicht beträgt, wie unter Tabelle 4.19 ersichtlich, 142,7 kg und erfüllt somit die Anforderungen. Das tatsächliche Quadratmetergewicht wird geringer ausfallen, da die drei grossen Palettenfaltrahmen auf den Elementen mit erhöhter Traglast platziert werden, und somit nicht den selben Gewichtsanforderungen unterliegen, wie die kleinen Palettenfaltrahmen.

Kosten Die Kosten für die Alternative werden in Tabelle 4.20 dargestellt. Die Totalkosten belaufen sich auf 1175 CHF, ohne die Kosten für die Ausführung zu berücksichtigen. Die detaillierte Aufstellung über die Pflanzenkosten kann dem Anhang unter Tabelle B.3 entnommen werden.

4. Ergebnisse und Diskussion



(a) Pflanzplan Palettenfaltrahmen gross



(b) Pflanzplan Palettenfaltrahmen klein

Abbildung 4.19.: Die grünen Punkte stellen die Gehölze dar, während die hellblauen Punkte symbolisch für die Stauden stehen. Die grossen Rahmen werden mit je 2 Gehölzen und 16 Stauden bepflanzt. In die kleinen Rahmen wird jeweils ein Gehölz und 8 Stauden gepflanzt. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

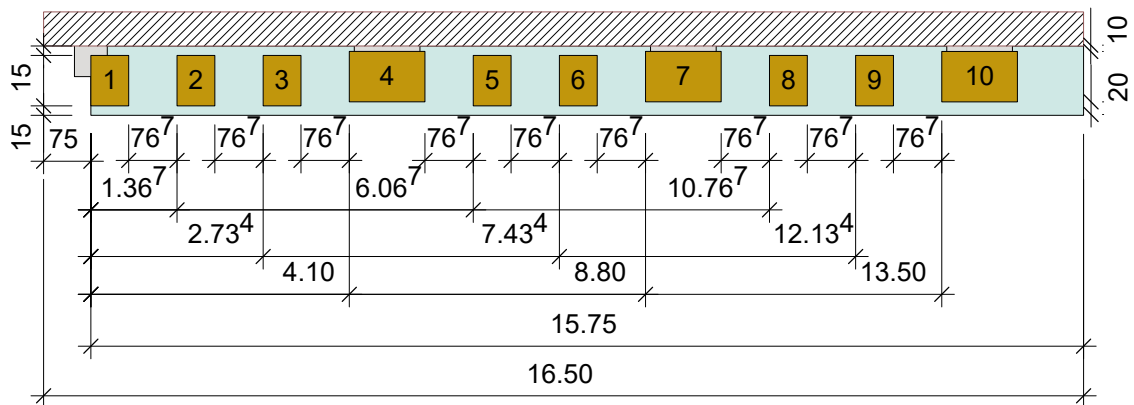


Abbildung 4.20.: Vermasste Darstellung und Lokalisierung der Palettenfaltrahmen. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 4.18.: Pflanzenliste und Plannummer der Hecke

Plan Nr.	Art	Artname	Stückzahl
1	Gehölz	<i>Amelanchier ovalis</i>	2
2	Gehölz	<i>Berberis vulgaris</i>	3
3	Gehölz	<i>Hippocrepis emerus</i>	2
4	Gehölz	<i>Rosa corymbifera</i>	3
5	Gehölz	<i>Rosa glauca</i>	3
6	Staupe	<i>Anemone sylvestris</i>	4
7	Staupe	<i>Anthericum ramosum</i>	4
8	Staupe	<i>Artemisia vulgaris</i>	4
9	Staupe	<i>Astragalus glycyphyllos</i>	4
10	Staupe	<i>Bupthalmum salicifolium</i>	4
11	Staupe	<i>Bupleurum falcatum</i>	4
12	Staupe	<i>Campanula rapunculoides</i>	4
13	Staupe	<i>Carex caryophyllacea</i>	4
14	Staupe	<i>Clematis recta</i>	4
15	Staupe	<i>Coronilla coronata</i>	4
16	Staupe	<i>Cytisus nigricans</i>	4
17	Staupe	<i>Genista tinctoria</i>	4
18	Staupe	<i>Geranium sanguineum</i>	4
19	Staupe	<i>Inula conyzae</i>	4
20	Staupe	<i>Lactuca perennis</i>	4
21	Staupe	<i>Medicago falcata</i>	4
22	Staupe	<i>Ononis spinosa</i>	4
23	Staupe	<i>Peucedanum cervaria</i>	4
24	Staupe	<i>Polygonatum odoratum</i>	4
25	Staupe	<i>Silene nutans</i>	4
26	Staupe	<i>Teucrium chamaedrys</i>	4
27	Staupe	<i>Thalictrum minus</i>	4
28	Staupe	<i>Trifolium rubens</i>	4
29	Staupe	<i>Verbascum lychnitis</i>	4
30	Staupe	<i>Veronica teucrium</i>	4
31	Staupe	<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	4

Tabelle 4.19.: Gewichts Darstellung der Alternative für die Fassadenbegrünung. Alle Gewichtsangaben verstehen sich bei maximaler Wasserkapazität.

Material	Anzahl	Wiederholungen	Total	Einheit
Palettenfaltrahmen klein	145	7	1015,17	kg
Palettenfaltrahmen gross	284	3	852,15	kg
Kies	380,5		380,5	kg
Gewicht ganze Fläche			2247,7	kg
Flächengrösse			15,75	m ²
Gewicht pro m ²			142,72	kg

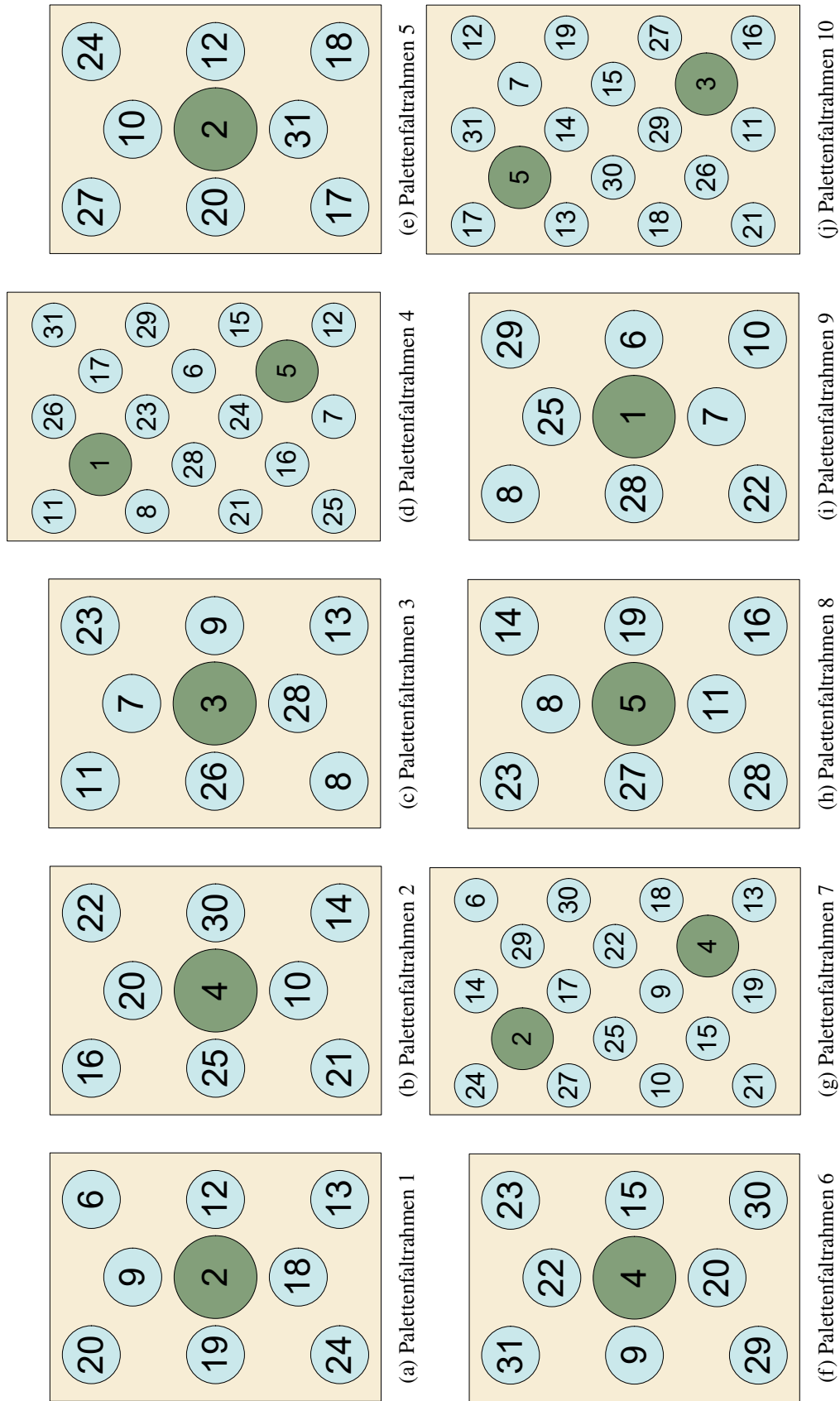


Abbildung 4.21.: Pflanzpläne der Palettenfaltrahmen (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

4. Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 4.20.: Kostenaufstellung der Alternative für die Fassadenbegrünung. EP: Einheitspreis.

Material	Bedarf	Einheit	Preis [CHF]/Einheit	Kosten [CHF]
Wolle	25,2	kg	0,55	14
Palettenfaltrahmen gross	6	Stk	19,95	119,70
Palettenfaltrahmen klein	14	Stk	16,95	237,3
Dachgartenerde	2	m ³	60	120
Pflanzen				684
Totalkosten naturnahe Fläche:				1175

Quadratmeterpreis Die Fläche für die Palettenfaltrahmen misst 15,75 m². Dies ergibt pro Quadratmeter einen durchschnittlichen Preis von 74,60 CHF.

Pflege Die Pflege der Hecke ist minimal zu halten. Bei Bedarf können die Gehölze ausgelichtet werden, die Wuchshöhe wurde jedoch so gewählt, dass kein Bedarf entstehen sollte. Die Stauden können bei Bedarf im Frühjahr vor dem Austrieb zurückgeschnitten werden. Da durch die abgestorbene Blattmasse ein Mulcheffekt, eine Abdeckung der Substratoberfläche, entsteht, der das Substrat vor dem Austrocknen schützt, sollte ein Bedarf nicht nötig sein. Invasive Neophyten und unerwünschter Gehölzwildwuchs können bei Bedarf entfernt werden.

5.

Fazit und Ausblick

Fazit In der vorliegenden Arbeit konnten alle vorgegebenen Einschränkungen und Anforderungen erfüllt werden, was am Anfang dieser Arbeit nahezu unmöglich schien. Der Aufbau erfolgt so, dass einer zukünftigen Auswertung nichts im Wege steht.

Die ermittelten Preise pro Quadratmeter sind im Fall der Versuchsfläche und der naturnahen Fläche sehr erfreulich. Das Budget belief sich auf 20 CHF pro Quadratmeter. Das Gesamttotal der Material-, Transport- und Pflanzenkosten beläuft sich auf 11'709 CHF, dies ergibt bei einer Fläche von 800 m² einen Betrag von 14,65 CHF pro Quadratmeter.

Im Schnitt darf pro Quadratmeter extensiver Dachbegrünung mit rund 42 CHF gerechnet werden [56]. Der Preis für den Versuchsaufbau und die naturnahe Fläche bleibt deutlich unter diesem Betrag.

Die Alternative für die Fassadenbegrünung fällt hingegen aus dem Rahmen, darf aber natürlich auch nicht als eine Form von extensiver Dachbegrünung betrachtet werden. Sie ist als intensive Begrünung einzuordnen, da der Substrataufbau viel höher ist und Gehölze darin vorkommen [12]. Der Preis steigt zusätzlich durch die Anzahl Pflanzen, die pro Quadratmeter gepflanzt werden. Diese Anzahl ist natürlich um einiges höher als in der Versuchs- oder naturnahen Fläche. Da die intensiv begrünte Fläche aber nur klein ist, hält sich die Ausgabe in Grenzen.

Da viele Hersteller beim Preis entgegenkamen oder das Material kostenlos zur Verfügung stellten und nur die Transportkosten berechneten, sind die Preise niedriger als marktüblich, daher können sie nicht als Basis für vergleichbare Projekte verwendet werden.

Die Anforderung an die Dachbelastung konnte auf allen Flächen eingehalten werden. Auf den Quadratmeter betrachtet durften 150 kg/m² nicht überschritten werden. Das Durchschnittsgewicht unter Berücksichtigung der gesamten Fläche beträgt pro Quadratmeter 122 kg.

Ausblick Die Umsetzung dieser Planung wird einen Tag nach der Abgabe der Arbeit am 3. Juli 2020 ausgeführt, unter Anleitung der Autorin. Diese Bauleitung gilt zusätzlich als mündliche Prüfung und wird von den Betreuerinnen bewertet. In der Arbeit wird die zukünftige Auswertung angesprochen. Die Vor- und Nachteile der vorliegenden Planung können erst mit dieser Auswertung eruiert werden. Dazu werden interessierte StudentInnen benötigt, die bereit sind, den nötigen Einsatz zu leisten, um so eine grosse Fläche auszuwerten und die Resultate in einer Semesterarbeit darzulegen. Weitere aus dieser Arbeit resultierende Forschungsfragen, die in Abschnitt 4.2.7 nicht dargestellt werden, da sie nicht nur die Versuchsfläche betreffen, sind faunistischer Natur.

Welche Arten kommen in welcher Fläche auf welcher Pflanze oder Struktur vor?

Welche Arten werden nur gesehen und von welchen Arten lassen sich Brutnachweise finden?

Gibt es seltene oder gefährdete Arten, die die Dachfläche nutzen?

5. *Fazit und Ausblick*

Wenn diese Auswertung bezahlt werden müsste, würde dies den Einsatz erheblicher finanzieller Mittel bedingen, sodass auch hier eine Vergabe im Bereich der universitären Ausbildung sinnvoll wäre.

Die Autorin hofft, dass das SRF und Mission B die Flächen nach erfolgter Begrünung begleiten und somit Dachbegrünungen der Bevölkerung medial näherbringen können.

Abbildungsverzeichnis

3.1. Umgebung Leutschenbach	9
3.2. SRF-Studio Leutschenbach	11
3.3. Arealübersicht SRF	12
3.4. Punktlasten Dachfläche	13
3.5. Standort Wasserabläufe	13
3.6. Aktueller Dachaufbau	14
3.7. Schattendarstellung Dach	15
3.8. Abbildung Fassade	16
3.9. Stahlunterkonstruktion Fassade	17
3.10. Schattendarstellung Fassade	18
4.1. Übersicht der Aufteilung	20
4.2. Übersicht der Versuchsfläche	20
4.3. Übersicht der naturnahen Fläche	21
4.4. Übersicht der Fassadenbegrünungsfläche	21
4.5. Einteilung der Versuchsflächen	26
4.6. Bemassung Versuchsfläche	26
4.7. Anordnung Versuchsfläche	27
4.8. Bemassung ganze Versuchsfläche	28
4.9. Pflanzplan	31
4.10. Anthyllis vulneraria	35
4.11. Hausrotschwanz	37
4.12. Handskizze temporäre Wasserfläche	38
4.13. Naturnahe Fläche gross, vermasst	39
4.14. Naturnahe Fläche klein, vermasst	39
4.15. Handskizze Fassadenbegrünung	42
4.16. Handskizze Pflanzgefässe	43
4.17. Verortung der Pflanzgefässe	44
4.18. Geranion sanguinei	46
4.19. Pflanzplan Palettenfaltrahmen	47
4.20. Vermassung Palettenfaltrahmen	47
4.21. Pflanzplan Palettenfaltrahmen	49

Tabellenverzeichnis

4.1. Gewichtsdarstellung Wolle	23
4.2. Gewichtsdarstellung Chinaschilf	23
4.3. Gewichtsdarstellung Testsubstrat	24
4.4. Substratmischungsnummern	29
4.5. Pflanzenauswahl Versuchsfläche	30
4.6. Pflanzenauswahl Versuchsfläche	31
4.7. Nummer Pflanzplan Versuchsfläche	32
4.8. Gewichtsdarstellung Versuchsfläche	33
4.9. Kostendarstellung Versuchsfläche	33
4.10. Pflanzenauswahl naturnahe Fläche	36
4.11. Samenmischung naturnahe Fläche	37
4.12. Bepflanzung Teichrand	38
4.13. Gewichtsdarstellung naturnahe Fläche	40
4.14. Kostendarstellung naturnahe Fläche	40
4.15. Bepflanzung Fassade	42
4.16. Bepflanzung Hecke Gehölze	44
4.17. Bepflanzung Hecke Stauden	45
4.18. Hecke Plannummern	48
4.19. Gewichtsdarstellung Hecke	48
4.20. Kostendarstellung Alternative Fassadenbegrünung	50

Glossar

FLL Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.. 1, 2, 7, 34, 44

SIA Schweizer Ingenieur- und Architektenverein. 1, 2, 19

SRF Schweizer Radio und Fernsehen. i, 1, 2, 10–12, 14, 33, 52, 62, 63

ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften. 2

Literatur

- [1] Bundesamt für Umwelt BAFU. *Zustand der Biodiversität in der Schweiz*. 2017. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/publikationen-studien/publikationen/biodiversitaet-schweiz-zustand-entwicklung.html> 1 (besucht am 10.04.2019).
- [2] Bundesamt für Umwelt BAFU. *Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz*. Bern, 2017, S. 50.
- [3] SRF. *Die 100'000er-Marke ist geknackt*. 2019. <https://www.srf.ch/sendungen/me-biodiversitaet> (besucht am 10.04.2019).
- [4] SRF. *Mission B bisher gesammelte Fläche*. <https://missionb.ch/de> (besucht am 09.06.2020).
- [5] P Kaufmann. *Extensive begrünt Flachdächer – ein Gewinn für die Siedlungsentwässerung. Projektbericht Hochschule für Technik und Architektur*. Burgdorf, 2001.
- [6] Hans-Joachim Liesecke. „Das Retentionsvermögen von Dachbegrünungen. Das Gartenamt 47/1“. In: *Das Gartenamt* 47/1 (1998).
- [7] K Höschele und H Schmidt. „Klimatische Wirkungen einer Dachbegrünung“. In: *Garten und Landschaft* 6/74 (1974).
- [8] Gernot Minke. „Gründächer sparen Heizenergie“. In: *Wohnung + Gesundheit* 135 3/10 (2010), S. 63–65.
- [9] N Pfoser, Technische Universität Darmstadt und Technische Universität Braunschweig. *Gebäude, Begrünung, Energie: Potenziale und Wechselwirkungen*. 2014/01. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), 2014.
- [10] Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., Hrsg. *FLL – Dachbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Dachbegrünungen*. 2018.
- [11] Charles Carroll Gilman. „Roof-Garden“. Pat. 342595 (USA). 1886. <https://patents.google.com/patent/US342595A/en> (besucht am 02.06.2020).
- [12] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Hrsg. *SIA 312:2013 Begrünung von Dächern*. 2013.
- [13] RICOTER Erdaufbereitung AG. *Das Unternehmen*. <https://www.ricoter.ch/de/unternehmen/> (besucht am 26.06.2020).
- [14] Robert J Steidl und Len Thomas. „Power Analysis and Experimental Design“. In: *Design and Analysis of Ecological Experiments*. 2. Aufl. Oxford: University Press, 2001, S. 415. ISBN: 0-19-513188-6.

- [15] Ronald Aylmer Fisher. *The Design of Experiments*. 8. Aufl. New York: Hafner, 1971.
- [16] Catherine Potvin. „Anova - Experimental Layout and Analysis“. In: *Design and Analysis of Ecological Experiments*. 2. Aufl. Oxford: University Press, 2001, S. 415. ISBN: 0-19-513188-6.
- [17] Nawaro AG. *Häcksel*. <https://www.nawaro.ch/de/haecksel/> (besucht am 25.05.2020).
- [18] Verena Säle. *Miscanthus: Ein vielseitiger Rohstoff*. 2020. <https://www.ufarevue.ch/pflanzenbau/miscanthus> (besucht am 25.05.2020).
- [19] RICOTER Erdaufbereitung AG. *Dachgartenerde 204*. <https://www.ricoter.ch/de/terrasse-balkon/trogbepflanzung/dachgartenerde-204.php> (besucht am 19.05.2020).
- [20] Patricia Willi. *Sortimentsliste 2020 Wildpflanzen und Samen*. https://www.wildstauden.ch/cmsfiles/dokumente/wildstauden_sortimentsliste_20_web.pdf (besucht am 02.03.2020).
- [21] European Biochar Foundation EBC. *European Biochar Certificate - Richtlinien für die nachhaltige Produktion von Pflanzenkohle Version 8.4G - Stand 12.02.2020*. 2012. <http://www.european-biochar.org/biochar/media/doc/ebc-richtlinien.pdf> (besucht am 14.06.2020).
- [22] Susanne Vesper und Nikolas Hagemann. *Viele Namen – große Unterschiede: Biokohle, Pflanzenkohle, HTC-Kohle – Fachverband Pflanzenkohle e.V.* <https://fachverbandpflanzenkohle.org/viele-namen-grosse-unterschiede-biokohle-pflanzenkohle-htc-kohle-2/> (besucht am 25.05.2020).
- [23] Agroscope. *Pflanzenkohle*. <http://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umwelt-ressourcen/klima-lufthygiene/co2-treibhausgase-landwirtschaftliche-boeden/pflanzenkohle-treibhausgasemissionen.html> (besucht am 25.05.2020).
- [24] Florian Worzyk u. a. „Auswirkungen von Biokohle-Substraten und Biokohle auf Bodenparameter und Pflanzenwachstum MKW- und PAK- kontaminierter Böden“. In: (), S. 14.
- [25] Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. *Alte Bäume und Totholz – ein vielfältiger Lebensraum - WSL*. <https://totholz.wsl.ch/de/totholz/vielfaeltiger-lebensraum.html> (besucht am 27.06.2020).
- [26] Wildbee. *Sand: Verarbeitung und Bezugsquellen*. <https://www.wildbee.ch/wildbienen/%20nistplaetze/sand-verarbeitung-und-bezugsquellen> (besucht am 27.03.2019).
- [27] Schweizer Schafzuchtverband. *Eigenschaften von Schafwolle*. 2020. <https://www.sszv.ch/Produktion-und-Vermarktung/Wolle/> (besucht am 25.05.2020).
- [28] Sven Wiese. *BGS Ingenieurbiologie und -ökologie GmbH*. 2020. <https://www.bestmann-green-systems.de/produktgruppen/erosionsschutzsysteme-aus-schafschurwolle-wollterra> (besucht am 25.05.2020).
- [29] Esther Thalmann. *Garten: Wolle direkt vom Schaf ins Gartenbeet als Dünger*. 2020. <https://www.bauernzeitung.ch/artikel/garten-wolle-direkt-vom-schaf-ins-gartenbeet-als-duenger> (besucht am 25.05.2020).

- [30] Stadt Zürich. *Leutschenbach*. 2019. <https://www.stadtzuerich.ch/hbd/de/index/staedtebau/entwicklungsgebiete/leutschenbach.htm> (besucht am 17.03.2019).
- [31] Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz. *Klimanormwerte 1981–2010*. 2020. <https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/klima-normwerte/normwerte-pro-messgroesse-und-station.html> (besucht am 12.06.2020).
- [32] Hochbaudepartement der Stadt Zürich, Amt für Städtebau. *Leitbild Leutschenbach*. Zürich, 2012, S. 8.
- [33] Hochbaudepartement der Stadt Zürich, Amt für Städtebau. *Entwicklungskonzept Leutschenbach, Zürich Seebach*. Zürich, 2000, S. 8.
- [34] Grün Stadt Zürich. *Leitbild Ökologie/Vernetzung Leutschenbach*. 2002. <https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/hbd/Deutsch/Entwicklungsgebiete/Weitere%20Dokumente/Leutschenbach/Entwicklungsplanung/Oekologie.pdf> (besucht am 17.03.2019).
- [35] SRF. *SRF-Chronik – Studienauftrag zur Standortentwicklung Leutschenbach abgeschlossen*. 2013. <http://www.srf.ch/medien/chronik/?v=chronik&c=2013&l=S&pID=20042> (besucht am 27.03.2019).
- [36] Amt für Raumentwicklung. *Geoinformation: Landeskarten*. 2016. <https://maps.zh.ch/> (besucht am 28.03.2019).
- [37] Dr. Lüchinger + Meyer Bauingenieure AG Zürich. *Gebäudekatalog Tragstruktur Fernsehstudio Leutschenbach Zürich*. 2009, S. 19.
- [38] SRF. *SRF Chronik - Neubau am SRF- Standort Zürich Leutschenbach soll Betriebskosten nachhaltig senken*. 2017. <http://www.srf.ch/medien/chronik/?v=chronik&c=2017&l=N&pID=100288> (besucht am 27.03.2019).
- [39] Walter Böhler AG. *Darstellung der Punktlasten Studiodach SRF Leutschenbach Zürich*.
- [40] Jakob Beusch. *Stahlunterkonstruktion Planzeichnung Studio 1 mit Bühnenhaus - SRF Zürich Leutschenbach*. 1966.
- [41] Paul Westrich. *Die Wildbienen Baden-Württembergs*. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co, 1989.
- [42] Bundesamt für Naturschutz. *Floraweb*. <http://www.floraweb.de/pflanzenarten/schmetterlingspflanzen.xsql> (besucht am 02.03.2019).
- [43] Felix Brüngger und Dani Rossi. *iGarten*. 2020. <http://www.igarten.ch/pages/de/home.php> (besucht am 09.08.2019).
- [44] Konrad Lauber, Gerhart Wagner und Andreas Gygax. *Flora Helvetica - Illustrierte Flora der Schweiz*. 6. Aufl. Bern: Haupt, 2018. ISBN: 978-3-258-08047-5.
- [45] Info Flora. *Info Flora*. 2020. <https://www.infoflora.ch/de/> (besucht am 19.05.2020).
- [46] Floretia. *Einheimisch oder nicht?* 2020. <https://floretia.ch/einheimisch/> (besucht am 20.05.2020).

- [47] Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Hrsg. *Unternehmen Natur: Naturnahe Gestaltung von Firmenflächen*. Mai 2018. https://www.anl.bayern.de/projekte/unternehmen_natur/doc/leitfaden_unternehmen_natur_v05_web_endkorrr_gepr.pdf (besucht am 05. 10. 2019).
- [48] Iris Scholl. *Natur findet Stadt - Leitfaden Dachbegrünungen*. 2014. https://www.naturundwirtschaft.ch/de/assets/Dateien/Bilder/Publikationen/Leitfaden%20Dachbegr%C3%BCnung_StGallen.pdf (besucht am 09. 04. 2019).
- [49] David Werner. *Insektennisthilfen mit Bohrungen im Hartholz*. <http://www.naturgartenfreude.de/wildbienen/nisthilfen/bohrungen-im-hartholz/> (besucht am 19. 03. 2020).
- [50] Melanie von Orlow. „Ein Hotel für die wilden Bienen“. In: *Deutsches Bienen-Journal Sonderheft Wildbienen* Wildbienen Spezial (2019), S. 63.
- [51] Florian Brack u. a. *Mehr als Grün - Profilkatalog*. 2019. <https://www.stadt-zuerich.ch/ted/de/index/gsz/beratung-und-wissen/wohn-und-arbeitsumfeld/mehr-als-gruen.html> (besucht am 20. 03. 2020).
- [52] Schweizerische Fachvereinigung Gebäudebegrünung, Hrsg. *Gebäudebegrünung Dach Fassade Innenraum*. http://www.sfg-gruen.ch/images/content/publikationen/SFGBroschuere_de.pdf (besucht am 09. 06. 2020).
- [53] Jakob Rope Systems, Hrsg. *Green Solutions*. Okt. 2013. <https://www.jakob.com/ch-de/downloads> (besucht am 03. 03. 2020).
- [54] Peter Kiermeier. *Die Lebensbereiche der Gehölze: eingeteilt nach dem Kennziffernsystem*. Hrsg. von Bund Deutscher Baumschulen. 3. Aufl. Pinneberg: Verlagsgesellschaft Grün ist Leben, 1996. ISBN: 3-87815-100-4.
- [55] Raymond Delarze u. a. *Lebensräume der Schweiz: Ökologie - Gefährdung - Kennarten*. 3. Aufl. Bern: Ott Verlag, 2015. ISBN: 978-3-7225-0149-9.
- [56] Sven Schönemann. *Von der Investition zur Rendite: Kosten—Nutzen—Rechnungen von Dachbegrünungen*. 2008. http://www.sfg-gruen.ch/images/content/publikationen/Fachartikel/gplus_11_2008_wirtschaftlichkeit_gruendaecher.pdf (besucht am 19. 03. 2020).

Anhang

Inhalt des Anhangs

A. Vegetationsaufnahme	62
B. Pflanzenkostendarstellung	64
C. Umsetzungspläne	68

Abbildungen im Anhang

C.1. Dach Übersicht	69
C.2. Wille Parzellen	70
C.3. Schilf Parzellen	71
C.4. Substrat Parzellen	72
C.5. Workflow	73
C.6. Arbeitsschritte	74

Tabellen im Anhang

A.1. Vegetationsaufnahme	63
B.1. Pflanzenkosten Versuchsfläche	65
B.2. Pflanzenkosten naturnahe Fläche	66
B.3. Pflanzenkosten Hecke	67

A.

Vegetationsaufnahme

Im Anfangsstadium dieser Bachelorarbeit war eine zweite Dachfläche in die Planung einbezogen, sie wurde später jedoch, aufgrund einer Umstrukturierung der Finanzierung und der Auftragstellung seitens des SRF, wieder ausgeschieden. Diese Dachfläche ist bereits begrünt und sollte ökologisch aufgewertet werden. Dazu wurde eine Vegetationsaufnahme gemacht und das ganze Dach auf seine Pflanzengemeinschaften hin untersucht. Für jede Gemeinschaft wurde eine Pflanzenliste erfasst und die Lokalisierung auf einer Skizze festgehalten. Hier wird zur einfacheren Übersicht nur die Gesamtartenliste, inklusive invasiver Neophyten und Gehölzwildwüchse, in Tabelle A.1 dargestellt. Im Ganzen konnten 49 Arten festgestellt werden.

A. Vegetationsaufnahme

Tabelle A.1.: Artenliste der Vegetationsaufnahme auf den Dächern des SRF Leutschenbach am 16. Juli 2019. Es werden nur die Namen aufgeführt und nicht, in wie vielen Stückzahlen jeweils jede Pflanze vorkam.

Artname	Artname
<i>Acer rubrum</i>	<i>Medicago lupulina</i>
<i>Anthyllis vulneraria</i>	<i>Medicago sativa</i>
<i>Arabis hirsuta</i>	<i>Melilotus albus</i>
<i>Arenaria hispida</i>	<i>Paulownia tomentosa</i>
<i>Cirsium arvense</i>	<i>Polygonum aviculare</i>
<i>Crepis capilaris</i>	<i>Populus nigra</i>
<i>Deschampsia cespitosa</i>	<i>Portulaca oleracea</i>
<i>Dianthus carthusianorum</i>	<i>Salix alba</i>
<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Salix caprea</i>
<i>Echium vulgare</i>	<i>Sedum acre</i>
<i>Epilobium ciliatum</i>	<i>Sedum album</i>
<i>Epilobium hirsutum</i>	<i>Sedum rupestre</i>
<i>Erigeron annuus</i>	<i>Senecio inaequalis</i>
<i>Erigeron canadensis</i>	<i>Sonchus oleraceus</i>
<i>Festuca sp.</i>	<i>Taraxacum officinale</i>
<i>Fragaria vesca</i>	<i>Teucrium botrys</i>
<i>Hieracium alpinum</i>	<i>Trifolium arvense</i>
<i>Hieracium pilosa</i>	<i>Trifolium pratense</i>
<i>Hieracium piloselloides</i>	<i>Trifolium repens</i>
<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Verbascum densiflorum</i>
<i>Hypochaeris radicata</i>	<i>Verbascum thapsus</i>
<i>Lactuca serriola</i>	<i>Vicia hirsuta</i>
<i>Linaria vulgaris</i>	<i>Vicia sativa</i>
<i>Linum catharticum</i>	<i>Vicia villosa</i>
<i>Lotus corniculatus</i>	

B.

Pflanzenkostendarstellung

Um den Rahmen der Arbeit nicht zu sprengen, werden die detaillierten Pflanzenkosten nachfolgend dargestellt.

B. Pflanzenkostendarstellung

Tabelle B.1.: Kostenzusammenstellung der Versuchsfläche. P: Pflanzen, S: Samen.

Artname	Pflanzen Saat	Anzahl P	Stk	Anzahl S in [g]	Preis [CHF]/Stk P	Preis [CHF]/Samen /g	Zwischentotal P	Zwischentotal S
<i>Achillea millefolium</i>	X		2	5,9	3,5	0	7	
<i>Allium lusitanicum</i>	X		2	5,9	5,5	0	11	
<i>Anthyllis vulneraria</i>	X	X	48	4	5,9	5,5	283,2	22
<i>Arctium lappa</i>	X		2	7,9	1,5	0	3	
<i>Campanula rapunculoides</i>	X	X	48	3	6,9	7,5	331,2	22,5
<i>Carduus defloratus</i>	X		2	6,9	7,5	0	15	
<i>Centaurea scabiosa</i>	X	X	48	2	6,9	5,5	331,2	11
<i>Cichorium intybus</i>	X		2	5,9	3,5	0	7	
<i>Cirsium vulgare</i>	X		2	6,9	3,5	0	7	
<i>Daucus carota</i>	X		3	5,9	3,5	0	10,5	
<i>Diantus carthusianorum</i>	X		3	5,9	5,5	0	16,5	
<i>Echium vulgare</i>	X	X	48	3	6,9	5,5	331,2	16,5
<i>Euphorbia verrucosa</i>	X		2	6,9	5,5	0	11	
<i>Fragaria vesca</i>	X		2	4,9	13,5	0	27	
<i>Hippocrepis comosa</i>	X	X	48	2	6,9	9,5	331,2	19
<i>Hypericum perforatum</i>	X		2	6,9	3,5	0	7	
<i>Isatis tinctoria</i>	X		2	6,9	1,5	0	3	
<i>Leucanthemum vulgare</i>	X	X	48	2	5,9	1,5	283,2	3
<i>Lotus corniculatus</i>	X	X	48	3	5,9	5,5	283,2	16,5
<i>Malva alcea</i>	X		2	6,9	3,5	0	7	
<i>Malva moschata</i>	X	X	48	3	6,9	3,5	331,2	10,5
<i>Medicago lupulina</i>	X		3	–	3,5	0	10,5	
<i>Melilotus albus</i>	X	X	48	3	5,9	1,5	283,2	4,5
<i>Onobrychis viciifolia</i>	X	X	48	3	6,9	1,5	331,2	4,5
<i>Origanum vulgare</i>	X	X	48	3	5,9	5,5	283,2	16,5
<i>Plantago media</i>	X	X	48	2	5,9	3,5	283,2	7
<i>Potentilla argentea</i>	X		2	5,9	5,5	0	11	
<i>Pulsatilla vulgaris</i>	X		2	7,9	9,5	0	19	
<i>Reseda lutea</i>	X		2	6,9	3,5	0	7	
<i>Salvia pratensis</i>	X	X	48	3	6,9	3,5	331,2	10,5
<i>Sanguisorba minor</i>	X		3	5,9	3,5	0	10,5	
<i>Scabiosa columbaria</i>	X		2	6,9	5,5	0	11	
<i>Silene vulgaris</i>	X		3	5,9	5,5	0	16,5	
<i>Thymus pulegioides</i>	X		2	5,9	9,5	0	19	
<i>Verbascum densiflorum</i>	X		2	6,9	3,5	0	7	
<i>Verbascum nigrum</i>	X		2	6,9	3,5	0	7	
Total Pflanzen/Samen:							4025,5	414,5
Total [CHF]:							4440	
Total [CHF] nach 30% Fachrabatt:							3108	

B. Pflanzenkostendarstellung

Tabelle B.2.: Kostenzusammenstellung der naturnahen Fläche. P: Pflanzen, S: Samen.

Artname	Pflanzen Saat	Anzahl P	Sik	Anzahl S [g]	[CHF]/Sik P	[CHF]/Samen/g	Zwischentotal P	Zwischentotal S
<i>Achillea millefolium</i>		X		2	5,9	3,5	0	7
<i>Allium lusitanicum</i>	X	X	12	2	5,9	5,5	70,8	11
<i>Anthyllis vulneraria</i>	X	X	14	3	5,9	5,5	82,6	16,5
<i>Arctium lappa</i>		X		2	7,9	1,5	0	3
<i>Campanula rapunculoides</i>	X	X	14	2	6,9	7,5	96,6	15
<i>Carduus defloratus</i>	X	X	14	2	6,9	7,5	96,6	15
<i>Centaurea scabiosa</i>	X	X	14	2	6,9	5,5	96,6	11
<i>Cichorium intybus</i>	X	X	14	2	5,9	3,5	82,6	7
<i>Cirsium vulgare</i>	X	X	14	2	6,9	3,5	96,6	7
<i>Daucus carota</i>		X		3	5,9	3,5	0	10,5
<i>Diantus carthusianorum</i>	X	X	14	3	5,9	5,5	82,6	16,5
<i>Echium vulgare</i>	X	X	14	5	6,9	5,5	96,6	27,5
<i>Euphorbia verrucosa</i>		X		2	6,9	5,5	0	11
<i>Fragaria vesca</i>	X	X	14	2	4,9	13,5	68,6	27
<i>Hippocrepis comosa</i>	X	X	14	3	6,9	9,5	96,6	28,5
<i>Hypericum perforatum</i>	X	X	14	2	6,9	3,5	96,6	7
<i>Isatis tinctoria</i>	X	X	14	2	6,9	1,5	96,6	3
<i>Leucanthemum vulgare</i>	X	X	14	2	5,9	1,5	82,6	3
<i>Lotus corniculatus</i>	X	X	14	3	5,9	5,5	82,6	16,5
<i>Malva alcea</i>	X	X	14	2	6,9	3,5	96,6	7
<i>Malva moschata</i>	X	X	14	2	6,9	3,5	96,6	7
<i>Medicago lupulina</i>		X		5	–	3,5	0	17,5
<i>Melilotus albus</i>	X	X	14	3	5,9	1,5	82,6	4,5
<i>Onobrychis viciifolia</i>	X	X	14	3	6,9	1,5	96,6	4,5
<i>Origanum vulgare</i>	X	X	14	2	5,9	5,5	82,6	11
<i>Plantago media</i>	X	X	14	2	5,9	3,5	82,6	7
<i>Potentilla argentea</i>	X	X	14	2	5,9	5,5	82,6	11
<i>Pulsatilla vulgaris</i>	X	X	14	2	7,9	9,5	110,6	19
<i>Reseda lutea</i>	X	X	14	2	6,9	3,5	96,6	7
<i>Salvia pratensis</i>	X	X	14	3	6,9	3,5	96,6	10,5
<i>Sanguisorba minor</i>	X	X	14	2	5,9	3,5	82,6	7
<i>Scabiosa columbaria</i>	X	X	14	3	6,9	5,5	96,6	16,5
<i>Silene vulgaris</i>	X	X	14	3	5,9	5,5	82,6	16,5
<i>Thymus pulegioides</i>	X	X	14	2	5,9	9,5	82,6	19
<i>Verbascum densiflorum</i>	X	X	14	2	6,9	3,5	96,6	7
<i>Verbascum nigrum</i>	X	X	14	2	6,9	3,5	96,6	7
Total Pflanzen/Samen:							2787,8	422,0
Total [CHF]:							3209,8	
Total [CHF] nach 30% Fachrabatt:							2246,9	

B. Pflanzenkostendarstellung

Tabelle B.3.: Kostenzusammenstellung der Hecke. P: Pflanzen, S: Samen.

Artname		Anzahl P Stk	[CHF]/Stk P	Zwischentotal P
Gehölz	<i>Amelanchier ovalis</i>	2	19	38
	<i>Berberis vulgaris</i>	3	7,5	22,5
	<i>Hippocrepis emerus</i>	2	15	30
	<i>Rosa corymbifera</i>	3	3,1	9,3
	<i>Rosa glauca</i>	3	17	51
	Total Gehölze:			150,8
Stauden	<i>Anemone sylvestris</i>	4	6,9	27,6
	<i>Anthericum ramosum</i>	4	9,9	39,6
	<i>Artemisia vulgaris</i>	4	6,9	27,6
	<i>Astragalus glycyphyllos</i>	4	7,9	31,6
	<i>Bupthalmum salicifolium</i>	4	5,9	23,6
	<i>Campanula rapunculoides</i>	4	6,9	27,6
	<i>Carex caryophyllacea</i>	4	5,9	23,6
	<i>Clematis recta</i>	4	9,9	39,6
	<i>Coronilla coronata</i>	4	9,9	39,6
	<i>Cytisus nigricans</i>	4	15	60
	<i>Genista tinctoria</i>	4	15	60
	<i>Geranium sanguineum</i>	4	6,9	27,6
	<i>Inula conyzae</i>	4	6,9	27,6
	<i>Lactuca perennis</i>	4	6,9	27,6
	<i>Medicago falcata</i>	4	6,9	27,6
	<i>Ononis spinosa</i>	4	7,9	31,6
	<i>Pastinaca sativa</i>	4	5,9	23,6
	<i>Peucedanum cervaria</i>	4	7,9	31,6
	<i>Polygonatum odoratum</i>	4	9,9	39,6
	<i>Silene nutans</i>	4	5,9	23,6
	<i>Teucrium chamaedrys</i>	4	6,9	27,6
	<i>Thalictrum minus</i>	4	6,9	27,6
	<i>Trifolium rubens</i>	4	6,9	27,6
	<i>Verbascum lychnitis</i>	4	6,9	27,6
	<i>Veronica teucrium</i>	4	5,9	23,6
	<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	4	7,9	31,6
	Total Stauden:			826,4
Total [CHF]:				977,2
Total [CHF] nach 30% Fachrabatt:				684,05

C.

Umsetzungspläne

Für die Umsetzung werden Pläne benötigt, wo ersichtlich wird, auf welcher Versuchsparzelle welches Material verbaut werden soll. Daher werden nachfolgend die Pläne für die einzelnen Materialien dargestellt. Zudem wird hier der Ablaufplaner für die Umsetzung und ein Beschrieb der einzelnen Arbeitsschritte dargelegt.

C. Umsetzungspläne

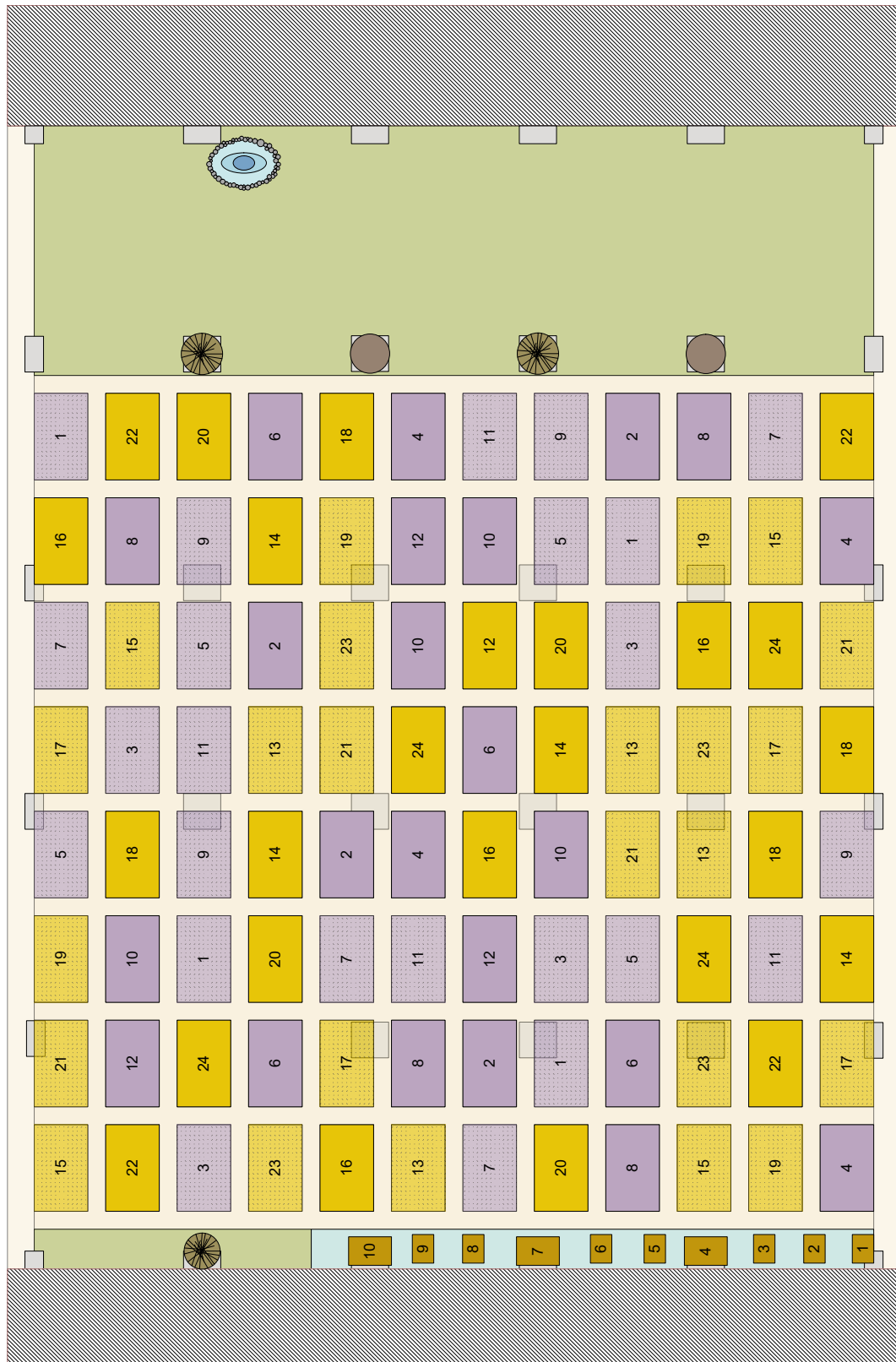


Abbildung C.1.: Übersicht der ganzen Planung. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

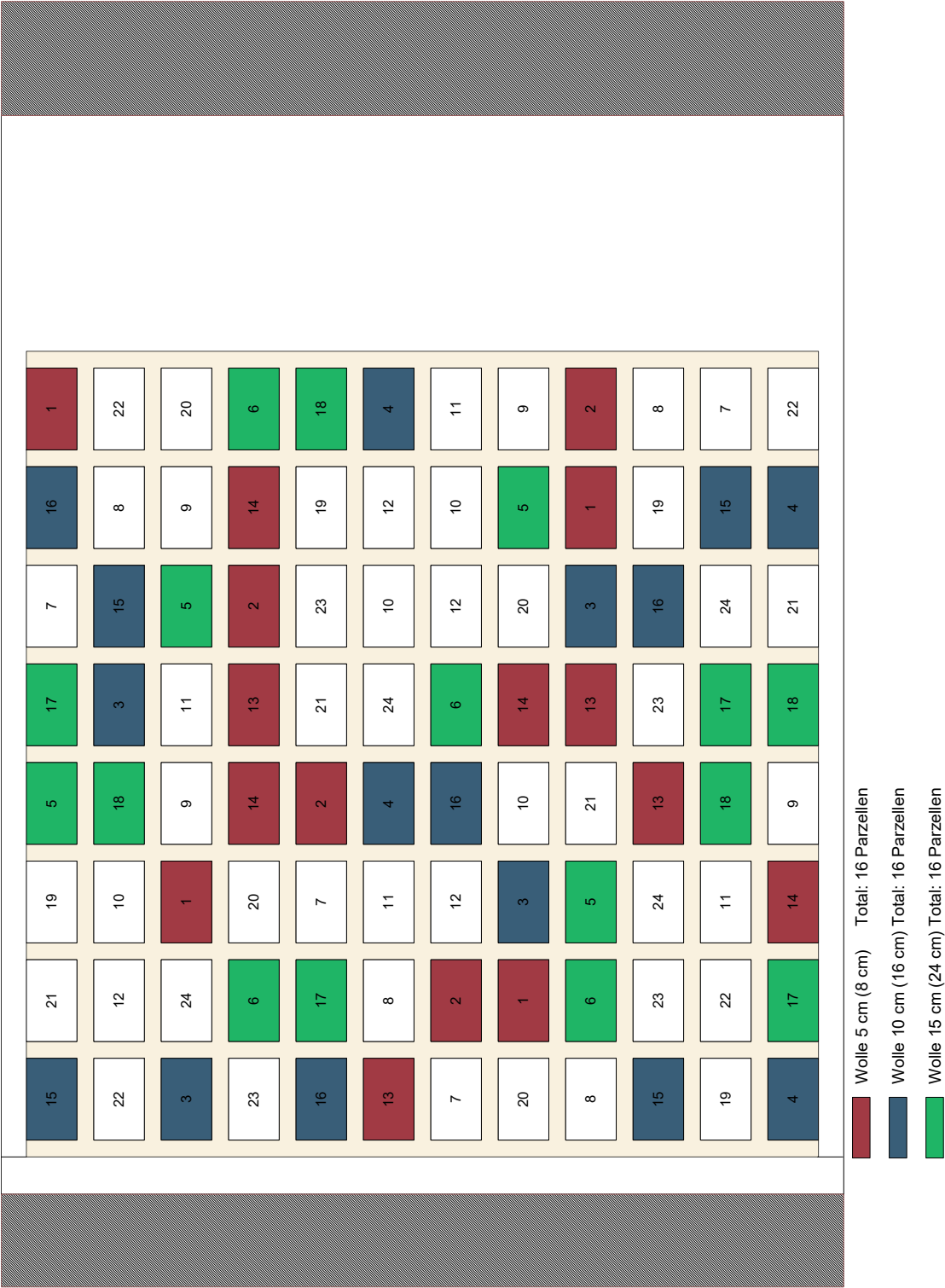


Abbildung C.2.: Plan zum Einbau von Wolle in den einzelnen Parzellen. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

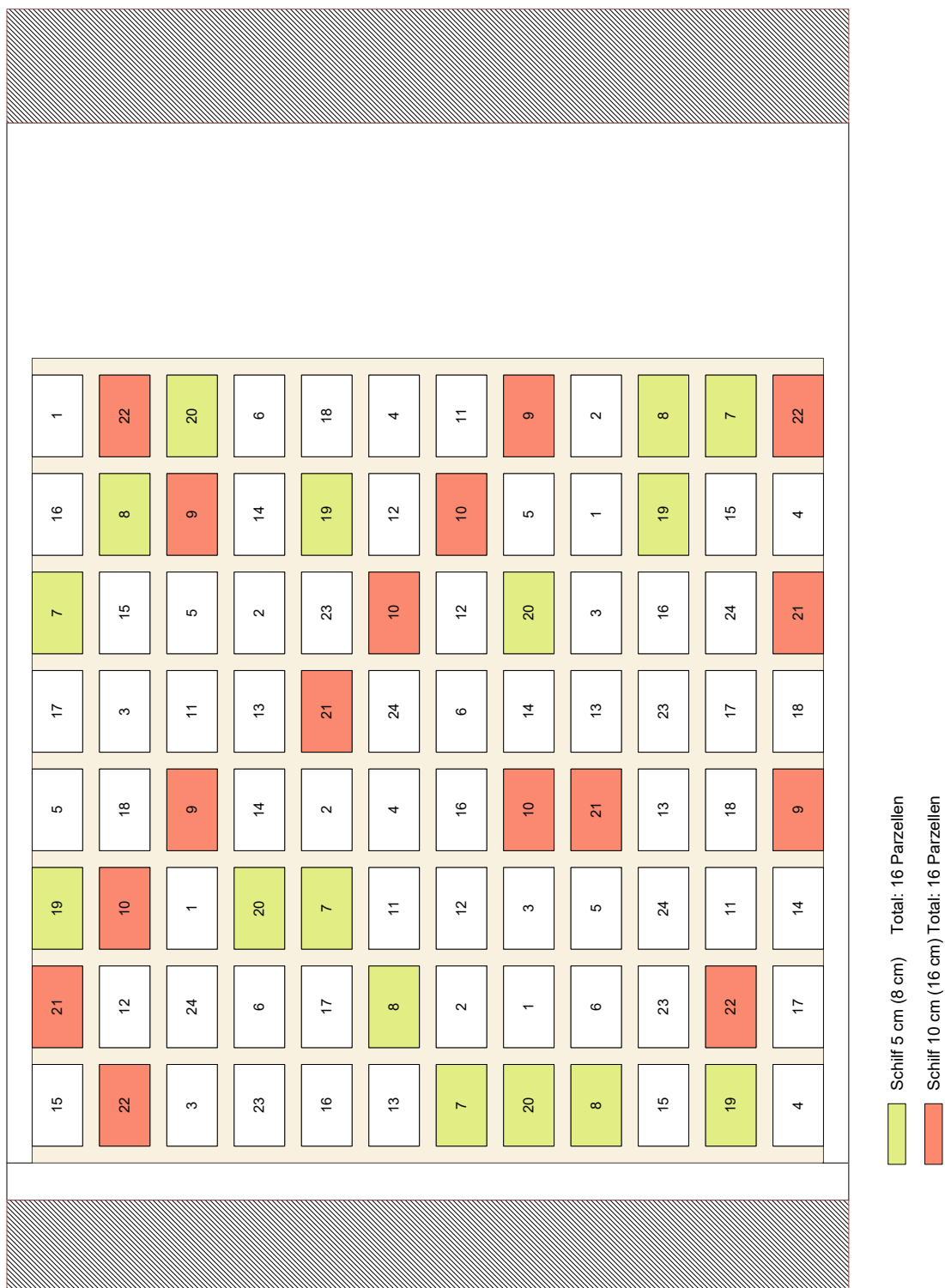


Abbildung C.3.: Plan zum Einbau von Schilf in den einzelnen Parzellen. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

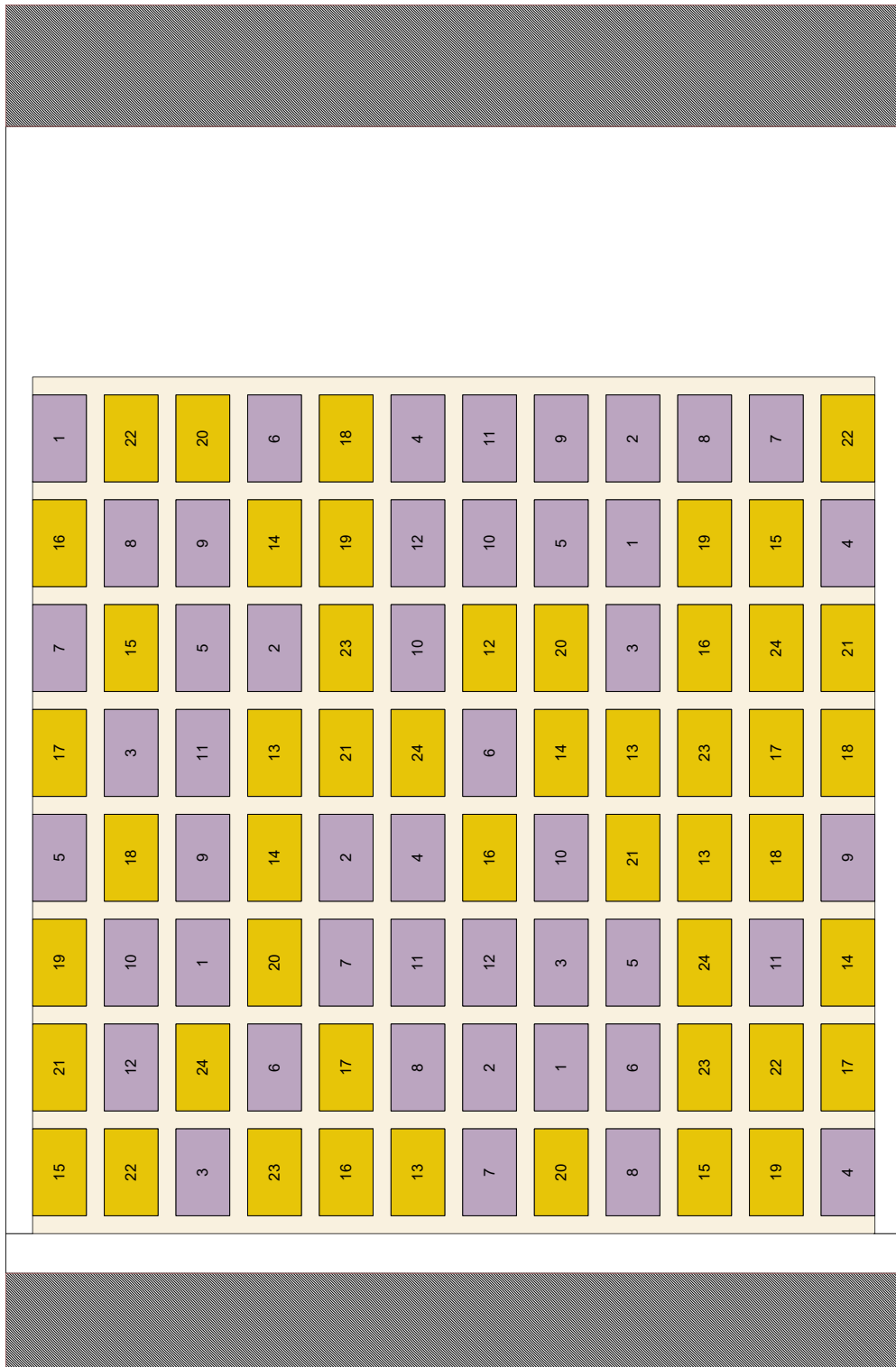


Abbildung C.4.: Plan zum Einbau des Substrates in den einzelnen Parzellen. (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

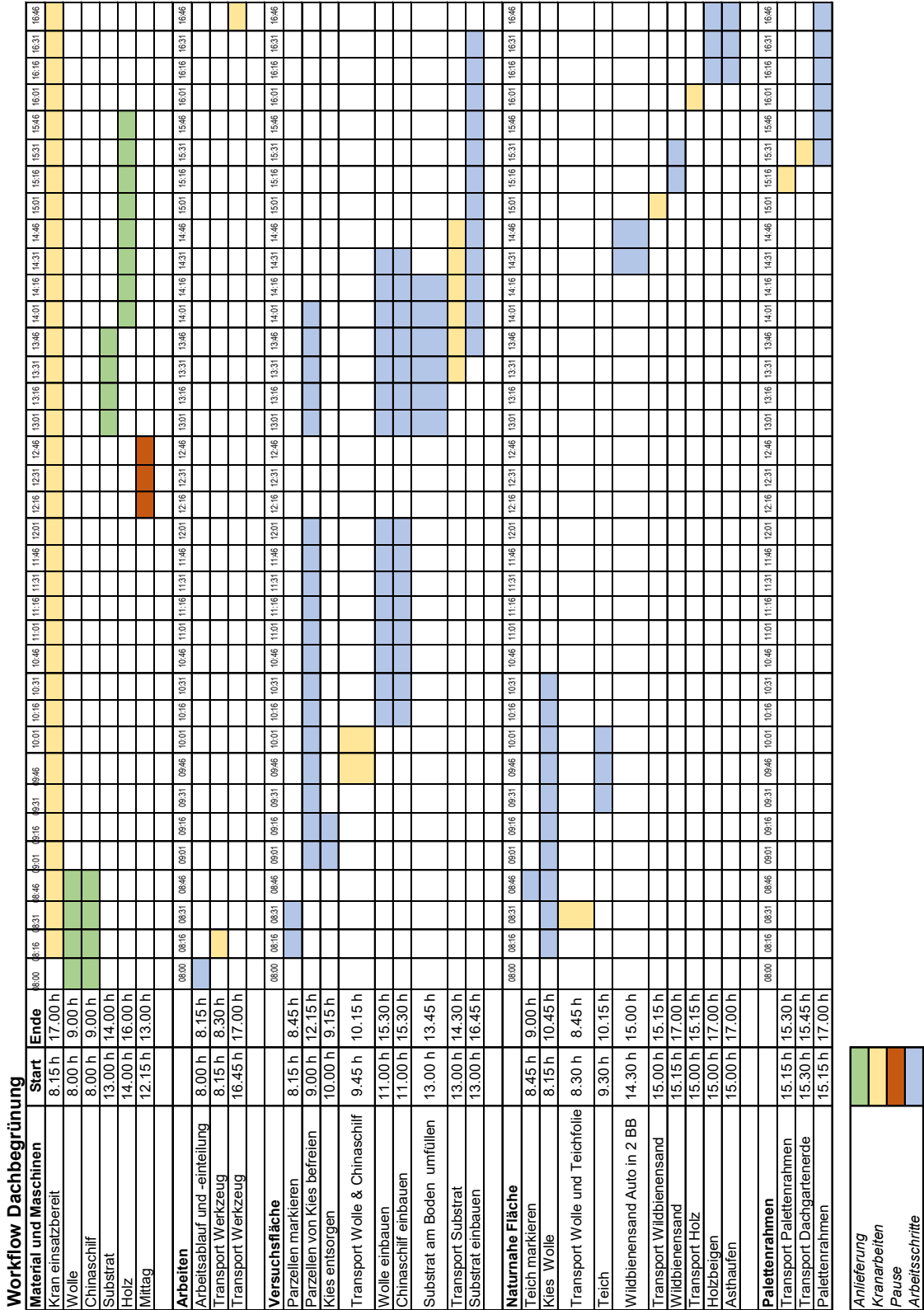


Abbildung C.5.: Darstellung des Arbeitsablaufes auf dem Dach (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

Arbeitsschritte					Effektive Einbaustärken [cm]		
Wo	Was	Wie	Pax	Material	Material	ES auf Plan	ES mit VF
Naturnahe Fläche	Kies aufschichten, Wolle einbauen	Kies in schaufelbreiten Streifen aufschichten, Wolle einfüllen, befeuchten, Kies zurückschaufeln, nächste Reihe drüberschaufeln, Wolle einbauen, befeuchten, Kies 7 cm einbauen	alle	Schaufeln, Wolle, Schlauch, Meter, Plan Dachlast	Wolle	5	8
	Teich	Unterbau mit Wolle, in Ringen, organische Form, am Rand mit Kies abdecken	3	Wolle, Teichfolie, Schlauch		10	16
	Wildbienenstand	Wildbienenstand auf Punkten mit erhöhter Dachlast einbauen, 1x1m, 25 (26.5) cm einbauen, 2 Stk	2	Schaufeln, Schubkarre, Plan Dachlast, Plan Marina		15	24
	Holzbeigen	Holzruhel auf Punkten mit erhöhter Dachlast immer zu zweien im rechten Winkel aufeinanderstapeln, bis 4 übereinander. Wenn noch Zeit, Löcher reinbohren	2 oder mehr	Plan Dachlast, Info zu Lochgrösse und Abstand, Plan Marina	Chinaschiff	5	8
	Asthaufen	Das Astmaterial in kleiner nat Fläche zu einem Haufen aufschichten	2 oder mehr	Plan Dachlast, Plan Marina	Feldstein	10	16
Versuchsfläche	Parzellen markieren	Ecken mit Spray markieren	2	Markierungsspray, Messbänder, Meter	Kies	4	4.6
	Parzellen von Kies befreien	Kies bis zu 7.5 cm auf Wegen verteilen, Rest mit Schubkarre in naturnaher Fläche und auf Punkten mit erhöhter Belastung verteilen. Schubkarre füllen beide, einer abführen, der andere Kies auf Wege schaufeln. 1 cm Kies bleibt auf der Fläche	2er Teams	Schaufeln, Schubkarren		1	1
	Kies entsorgen	1.5 m3 Kies in BigBag, auf seitlichen unteren Flächen auf max 7.5 cm ES verteilen, nicht am Rand	2	Schaufeln, Big Bag, Kran		7	7
	Wolle einbauen	Wolle jeweils nach Feldmarkierung einbauen, befeuchten	2 oder mehr	Schlauch, Plan, Meter	Wildbienenstand	7.5	7.5
	Chinaschiff einbauen	Chinaschiff jeweils nach Feldmarkierung einbauen, befeuchten	2 oder mehr	Schaufeln, Schlauch, Plan, Meter		25	26.5
Palettenrahmen	Substrat + PK einbauen	Substrat jeweils nach Feldmarkierung einbauen	alle	Schaufeln, Plan, Meter	Wildbienenstand	25	26.5
	Substrat	Restliches Substrat in den restlichen Parzellen verteilen	alle	Schaufeln, Plan, Meter			
	Palettenrahmen aufstellen	Palettenrahmen gross auf Punkten mit erhöhter Dachlast aufstellen	2	PR, Wolle, Dachgartenerde, Plan Dachlast			
	Palettenrahmen aufstellen	Palettenrahmen klein vermassen aufstellen, wenn nur 11 von 14 Stk, dann 3 nur mit einem Rahmen aufstellen, Priorität dass alle verortet und nicht, dass alle fertig gefüllt	2	PR, Wolle, Dachgartenerde, Plan PR Verortung			
	Palettenrahmen befüllen	Alle Palettenfaltrahmen mit Wolle 10 (16) cm bestücken, befeuchten	2 oder mehr	Wolle, Schlauch, Meter			
	Palettenrahmen befüllen	Dachgartenerde einfüllen, bis oben, Reste seitlich in Bigbags lagern	3 oder mehr	Schaufeln, BigBag			

Abbildung C.6.: Darstellung der Arbeitsschritte auf dem Dach (Zeichnung: Grossi, M., 2020)

Erklärung betreffend das selbständige Verfassen einer Bachelorarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management

Mit der Abgabe dieser Bachelorarbeit versichert der/die Studierende, dass er/sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Der/die unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Bachelorarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmassnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

Thalwil 2.7.2020

Unterschrift:



Das Original dieses Formulars ist bei der ZHAW-Version aller abgegebenen Bachelorarbeiten im Anhang mit Original-Unterschriften und -Datum (keine Kopie) einzufügen.